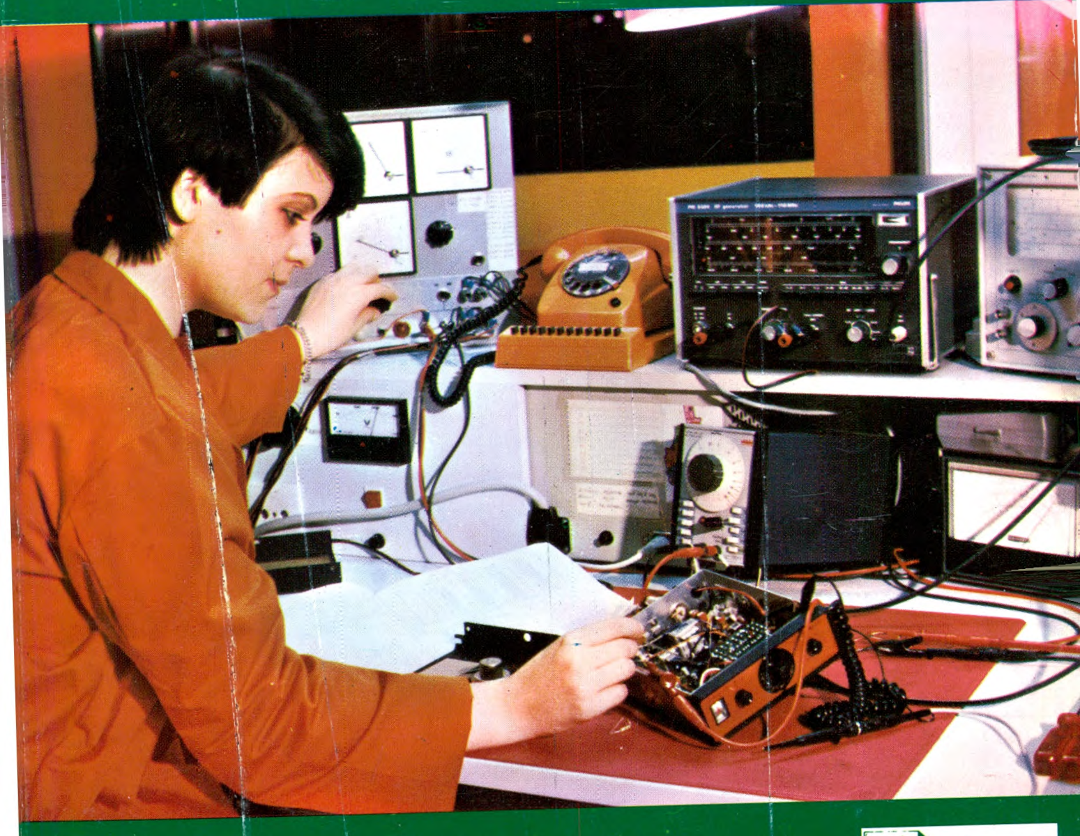
Stratis Karamanolis

CB -SERVICE

Het functioneren van CB communicatie apparatuur



Band I

Elektra

STRATIS KARAMANOLIS

CB-Service

Het functioneren van CB communicatie apparatuur

Band I

Vertaling uit het Duits:
Remko P. de Graaff

Titel van de originele uitgave:
„CB-Service Bd. I"

© 1980 KARAMANOLIS VERLAG
Beethovenstraße 35
D-8012 Ottobrunn b. München
Tel. (089) 609 54 16 / 601 13 56

Alle rechten voorbehouden.

Exclusieve verkoop van de nederlandse uitgave:
ENO ELEKTRONIK
Hauptstr. 24, D-4460 Nordhorn
Tel.: (09) 49 59 21 - 6083/6086
Telex: 098240
Printed in W. Germany

Inhoudsopgave

Band 1

	Voorwoord	9
1	**CB-service**	11
1.1	CB-service: Een dienstverlening met toekomst	11
1.2	CB-Service: Economische aspecten	12
1.3	CB-service: Theoretische kennis — een noodzaak	13
2	**Grondslagen van de CB-communicatietechniek**	15
2.1	Basisprincipes van CB-apparatuur	15
2.2	De zender	18
2.2.1	Zendertypes	19
2.2.2	De AM-zender	21
2.2.2.1	Opzet	21
2.2.2.2	Oscillatoren	21
	Oscillatortypen	25
	De Collpitts-oscillator	25
	De Pierce-oscillator	27
	Frequentiesynthese	28
2.2.2.3	HF-versterker	36
	Oscilleren en tegenkoppeling	42
2.2.2.4	Amplitude-modulatie	43
2.2.2.5	Modulatoren	47
2.2.3	De SSB-zender	49
2.2.3.1	Wat is SSB?	51
2.2.3.2	De werkwijze van een SSB-zender	53
	Het enkelzijbandfilter	55
	De complete SSB-zender	59
2.2.4	De FM-zender	59
2.2.4.1	Frequentiemodulatie	60
2.2.4.2	De FM-modulator	65
2.2.5	Voordelen van FM-systemen	67
2.2.5.1	Verbetering van de signaal/ruis-verhouding bij FM-systemen	68
2.2.6	De zender en zijn eigenschappen	69
2.2.6.1	Uitgangsvermogen	71
2.2.6.2	Uitgangsimpedantie	71
2.2.6.3	Bedrijfsfrequentie/frequentiestabiliteit	71

2.2.6.4 Harmonischen ... 71
2.2.6.5 Modulatiefrequentie ... 72
2.2.6.6 Soorten modulatie/modulatie eigenschappen ... 72
2.2.6.7 Rendement ... 72
2.2.6.8 Bedrijfsspanning/opgenomen stroom ... 73
2.2.6.9 Bedrijfstemperatuur ... 73
2.2.6.10 Gewicht/afmetingen ... 73
2.3 De ontvanger ... 73
2.3.1 De AM-ontvanger ... 76
2.3.1.1 De HF-versterker ... 76
2.3.1.2 De mengtrap ... 77
2.3.1.3 De MF-versterker ... 80
2.3.1.4 De detectortrap ... 81
2.3.1.5 De LF-versterker ... 86
2.3.2 De SSB-ontvanger ... 86
2.3.2.1 De balansdetector ... 89
2.3.3 De FM-ontvanger ... 90
2.3.3.1 De FM-detector ... 91
2.3.3.2 De begrenzer ... 93
2.3.4 Eigenschappen van ontvangers ... 94
2.3.4.1 Gevoeligheid ... 94
2.3.4.2 Selektiviteit ... 95
2.3.4.3 Stabiliteit ... 95
2.3.4.4 Frequentiebereik ... 96
2.3.4.5 Kruismodulatie ... 96
2.3.4.6 Spiegelfrequentieselektiviteit ... 96

3 Het complete CB-apparaat ... 99
3.1 De opbouw van een CB-apparaat ... 99
3.2 De techniek van het foutzoeken ... 103
3.3 Bediening van CB-apparatuur ... 103
3.3.1 Noodzakelijke instelmogelijkheden ... 103
De kanalenkiezer (Channel selector) ... 103
Aan/uit-Volumeregelaar (On/Off-Volume control) ... 106
De Squelchinstelling ... 106
De zendknop (Push-to-Talk) ... 108
3.3.2 Speciale bedieningsmogelijkheden ... 109
S-waarde/R-waarde indicatie (S/RF-meter) ... 109
SWR-meter ... 109
Modulatiemeter (Modulations Lamp) ... 109
HF-regeling (RF-Gain) ... 110

	Automatische ruisonderdrukker (ANL)	110
	Fijnafstemming (Delta Tune)	110
	AM-SSB-schakelaar (AM-LSB-USB)	110
	SSB-fijnafstemming	111
	De achterzijde van het apparaat	111
3.4	Spanningsverzorging	111
4	**CB-antennes**	117
4.1	Basisprincipes	117
4.2	De staafantenne	118
4.3	Elektromagnetische golven, antennes, grondgolven en reikwijdte	120
4.4	Frequentie en golflengte	123
4.5	Eigenschappen van antennes	125
4.5.1	Impedantie	125
4.5.2	Stralingsdiagram	126
4.5.3	Versterking	127
4.5.4	Polarisatie	128
4.5.5	Voor/achterverhouding	129
4.5.6	Rendement	129
4.5.7	Bandbreedte	131
4.6	Kant en klare CB-antennes van de industrie	131
4.6.1	Algemeen	131
4.6.2	CB-antennes voor mobiele posten	131
4.6.3	CB-antennes voor vaste posten	132
4.7	De coaxiaalkabel	133
4.7.1	Hoe lang mag de coaxiaalkabel tussen CB-apparatuur en de antenne zijn?	136
	Aanhangsel: Schema's van CB-apparatuur	139

Band 2:

5	**CB-toebehoren**	
5.1	Batterij-oplaadapparatuur	
5.2	Ontstoring en ontstoringssets	
5.2.1	De ontsteking	
5.2.2	De dynamo	
5.2.3	Andere storingsbronnen	
5.3	Kristallen	
5.4	Microfoons	

5.4.1 Eigenschappen van microfoons
5.4.1.1 Gevoeligheid
5.4.1.2 Inwendige weerstand
5.4.1.3 Richtingsgevoeligheid
5.4.1.4 Frequentiekarakteristiek
5.4.2 Microfoonsoorten
5.4.3 Microfoonvoorversterkers

6 Meetapparatuur voor de CB-service
6.1 Overzicht
6.2 Signaalgeneratoren
6.2.1 HF-generatoren
6.2.2 LF-generatoren
6.3 Spanningsmeters/stroommeters
6.3.1 Multimeters
6.3.2 Oscillograven
6.4 Vermogensmeters
6.5 Aanpassingsmeters
6.5.1 De reflectometer en zijn meetprincipe
6.6 Counters
6.7 Halfgeleider-testers
6.8 Spectrumanalysers
6.9 Complete meetopstellingen voor de CB-service
6.10 Mini-testsets

7 Inrichting van een communicatie-laboratorium
7.1 Ruimtelijke indeling
7.2 Meetapparatuur/benodigde hulpstukken
7.3 Gereedschap
7.4 Onderdelen/onderdelenvoorraad
7.5 Reclame en reclamemateriaal

8 Meetmethodes en foutzoeken bij CB-apparatuur
8.1 De systematische manier
8.2 Externe metingen
8.2.1 Meten van het opgenomen vermogen
8.2.2 Meten van de ontvangergevoeligheid
8.2.3 Meten van de nevenkanaalonderdrukking
8.2.4 Meten van de spiegelfrequentieselektiviteit
8.2.5 Meten van de zenderfrequentie
8.2.6 Meten van het zendvermogen

8.2.7 Meten van het nevenkanaalvermogen . . . .
8.2.8 Meten van de harmonischen . . . .
8.2.9 Meten van de modulatiediepte m . . . .
8.3 Foutzoeken in het zendergedeelte . . . .
8.3.1 Samenvatting . . . .
8.3.2 Foutzoeken in oscillatoren . . . .
8.3.3 Foutzoeken in mengtrappen . . . .
8.3.4 Foutzoeken in buffertrappen . . . .
8.3.5 Foutzoeken in drivers . . . .
8.3.6 Foutzoeken in eindtrappen . . . .
8.3.7 Foutzoeken en ijken van de S/RF-meter . . . .
8.3.7.1 Ijking . . . .
8.3.8 Foutzoeken in de zendknopschakeling . . . .
8.3.9 Foutzoeken in microfoonvoorversterkers . . . .
8.4 Foutzoeken in het ontvangstgedeelte . . . .
8.4.1 Samenvatting . . . .
8.4.2 Afregelen van de ontvanger . . . .
8.4.3 Foutzoeken in HF-voorversterkers . . . .
8.4.4 Foutzoeken in mengtrappen . . . .
8.4.5 Foutzoeken in MF-trappen . . . .
8.4.6 Foutzoeken in detectortrappen . . . .
8.5 Klantenbezoek . . . .
8.6 Checken van de afzonderlijke componenten . . . .
8.6.1 Transistoren . . . .
8.6.2 Dioden . . . .
8.6.3 Weerstanden . . . .
8.6.4 Potentiometers . . . .
8.6.5 Condensatoren . . . .
8.6.6 Spoelen . . . .
8.6.7 Microfoons . . . .
8.6.8 Luidsprekers . . . .
8.7 Foutzoeken en herstellen bij mechanische schade . . . .
8.7.1 Gebroken printplaten . . . .
8.7.2 Onderbroken printsporen . . . .
8.7.3 Onderbroken microfoonleidingen . . . .
8.7.4 Defecte stekers . . . .
8.7.5 Defecte bedieningsknoppen . . . .

CB-literatuur . . . .

Aanhangsel: Fabrikanten en vertegenwoordigingen voor CB-apparatuur . . . .
Schema's van CB-apparatuur . . . .

Voorwoord

Ongeveer twee jaar geleden is het uit twee delen bestaande boek over de service aan CB-apparatuur, dat nu in de nederlandse vertaling voor u ligt, voor het eerst in Westduitsland uitgegeven. Intussen is de derde oplage reeds bereikt en zijn talrijke vertalingen in voorbereiding.

In al deze uitgaven wordt ook uitvoerig op FM-apparatuur ingegaan, zodat ook voor Nederland in een behoefte wordt voorzien.

De inhoud van dit boek richt zich vooral op de technisch geïnteresseerde CB-amateur en behandelt de zendtechniek uitvoeriger dan in mijn eerder uitgegeven CB-boeken; aangezien het de bedoeling is met deze boeken diegenen te helpen, die zich met het repareren van CB-apparatuur bezig willen gaan houden. In Duitsland is inmiddels gebleken dat dit doel bereikt werd.

Ik hoop, dat in Nederland dezelfde ervaring met dit boek opgedaan zal worden.

München, 1980 De schrijver

1 CB-service

1.1 CB-service: Een dienstverlening met toekomst

Sinds CB-communicatie ook in meerdere europese landen vrij werd gegeven, stijgt het aantal CB-amateurs en daarmee ook het aantal in gebruik zijnde apparaten volgens een steile curve. De CB-communicatie beleeft momenteel een ontwikkeling waarvan de grenzen nog niet te voorspellen zijn. Voortdurend ontdekken de gebruikers van CB-apparatuur nieuwe toepassingsmogelijkheden, en dat dan zowel beroepsmatig als in de vrijetijd.

Het aantal CB-amateurs in Europa wordt momenteel op 5 miljoen geschat. Het aantal verkochte CB-apparaten heeft deze 5 Miljoengrens echter reeds lang overschreden. Als de ontwikkeling zich naar Amerikaans voorbeeld voortzet, en niets wijst in een andere richting, dan dient in de komende jaren met een verdere groei van het aantal CB-amateurs en daarmee ook apparatuur, gerekend te worden van nogmaals 5 tot 10 miljoen.

Aangezien in Nederland de MARC (Machtigingsregeling Algemene Radiocommunicatie) nog maar pas van kracht is, zal de handel en industrie in de aanvangsfase meer geïnteresseerd zijn zoveel mogelijk CB-apparaten te verkopen, dan aktiviteiten te ontplooien op het gebied van de CB-service. Toch zal ook CB-apparatuur, ondanks de hoogstaande techniek die toegepast wordt, wel eens kapot kunnen gaan. Ook bij CB-apparatuur is, met andere woorden, de service dus een noodzakelijke dienstverlening.

Omdat men nu overwegend nieuwe apparatuur zal aanschaffen, zal deze behoefte eerst over twee à drie jaar echt dringend worden. Wie echter reeds nu de noodzakelijke maatregelen treft voor een goede CB-service en zijn laboratorium zodanig inricht, kan er zeker van zijn dat hij de beste uitgangspositie voor een zekere en economisch bloeiende toekomst heeft.

De reparatiewerkplaatsen die reeds nu radio- en TV-apparatuur of zelfs communicatie-apparatuur uit de professionele of amateursector servicen, zijn van nature geschikt om ook CB-service te gaan verlenen. Hier is reeds veel meetapparatuur aanwezig en zijn de servicetechnici

met de communicatietechniek vertrouwd. Wie echter zijn werkplaats voor het verlenen van CB-service nog moet inrichten, kan er zeker van zijn dat dit geen onzekere investering is: Zoals de CB-communicatie, zal binnen afzienbare zijd ook de CB-service een niet meer weg te denken economische factor in onze technische wereld zijn.

Ook de firma's die zich op de verkoop van CB-apparatuur richten, zullen zich voor de service moeten gaan interesseren. De klant zal het naar waarde weten te schatten, als hij niet alleen bij de aankoop van zijn CB-apparaat vakkundig geïnformeerd wordt, maar dezelfde vakkundigheid aantreft als hij met een defect apparaat terugkomt.

Een goede uitrusting wat betreft meetapparatuur en goed geschoold personeel zijn hiervoor noodzakelijk.

1.2 CB-Service: Economische aspecten

Uit het voorgaande blijkt, dat de CB-service, afhankelijk van het karakter van het bedrijf, verschillende economische functies kan vervullen.

Zijn de service-opdrachten voor een zuivere reparatiewerkplaats de basis van zijn bestaansrecht; bij verkoopfirma's daarentegen vormen zij slechts een onderdeel van de dienstverlening aan de klant. De service moet dan weliswaar kostendekkend, maar niet beslist winstgevend zijn.

Economisch gezien hebben werkplaatsen, die naast service voor CB-apparatuur ook service voor radio- en TV-apparatuur kunnen aanbieden, in de regel een zekere en gezonde bestaansbasis. Bij ondernemingen die zich uitsluitend op de CB-service markt richten, kunnen de verhoudingen anders liggen. Hier moeten de vragen betreffende de rentabiliteit en de bestaansmogelijkheden van het bedrijf op langere termijn van geval tot geval bekeken worden. Factoren zoals de grootte van de klantenkring en het gebied dat bestreken kan worden, spelen een grote rol.

Bedrijven die niet regionaal maar landelijk opereren, hebben vele mogelijkheden, omdat vele CB-verkooporganisaties nauwelijks de mogelijkheid zullen hebben een efficiënte CB-service aan te bieden.

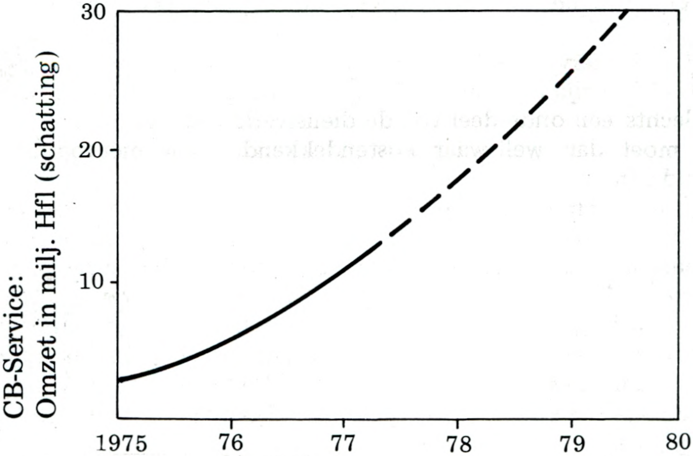
Om rendabel een CB-servicelaboratorium op te richten, zal het noodzakelijk zijn zich volledig op de CB-service te concentreren en de CB-service niet als aanhangsel van een ander bedrijfsdoel te zien. Bij een verkooporganisatie nemen reclame en verzending al zoveel tijd in beslag, dat nog maar weinig tijd overblijft voor het goed laten funk-

tioneren van een servicewerkplaats. De schrijver zijn gevallen bekend, waarbij men er in de avonduren wat CB-reparaties bij ging doen. Zulke nevenaktiviteiten brengen weliswaar een tweede inkomen, maar het zal, zonder dat men de dagelijkse werkzaamheden op zal zeggen, nooit tot een economisch goed onderbouwde firma, die zich buiten de lokale grenzen begeven kan, uit kunnen groeien.

Wie echter zal besluiten zich volledig op CB-service te gaan specialiseren, zal met grote zekerheid op een gestadige groei van zijn firma kunnen rekenen. Hierbij een voorbeeld uit Westduitsland.

De geschatte omzet op het gebied van de CB-service in Duitsland zal ongeveer 14 miljoen gulden per jaar bedragen. Hierbij komt een omzet van nogmaals ongeveer 14 miljoen van CB-toebehoren dat de klanten bij het halen en brengen van hun apparatuur naar de werkplaats aanschaffen. Het hangt dus ook nog van het commerciële inzicht van de CB-technicus af of hij er hulpapparatuur bij kan verkopen of niet.

De verwachte stijging van de omzet in service aan CB-apparatuur wordt in afbeelding 1 in beeld gebracht.



Afb. 1: CB-service: Omzet in milj. Hfl (schatting)

1.3 CB-service: Theoretische kennis — een noodzaak

CB-communicatie-apparatuur hoort tot de familie van hoogfrequent-apparatuur. De vakkundige reparatie ervan vraagt daarom, naast de

noodzakelijke meetapparatuur, ook een zekere mate van theoretische kennis. De CB-servicetechnicus hoeft niet de theoretische kennis op het niveau van de ontwikkelaar van CB-apparatuur te bezitten, maar hij moet wel over zoveel theoretisch inzicht beschikken, dat hij het functioneren van zowel het complete apparaat als van de afzonderlijke eenheden en hun componenten kan overzien.

In de praktijk worden vaak reparaties intuïtief uitgevoerd. Ook ervaren technici werken vaak intuïtief, maar in hun onderbewustzijn laten zij zich echter door de reeds verworven kennis leiden. Beschrijvingen van apparatuur en schema's kunnen voor de servicetechnicus niet de theoretische kennis vervangen.

Zonder een zekere basis is de technicus niet in staat het schema van een apparaat te volgen en te begrijpen, zodat dan een poging tot repareren een avontuurlijke onderneming voor de servicewerkplaats én voor de klant wordt.

Gefundeerde theoretische kennis is daarom nodig voor een goede serviceverlening.

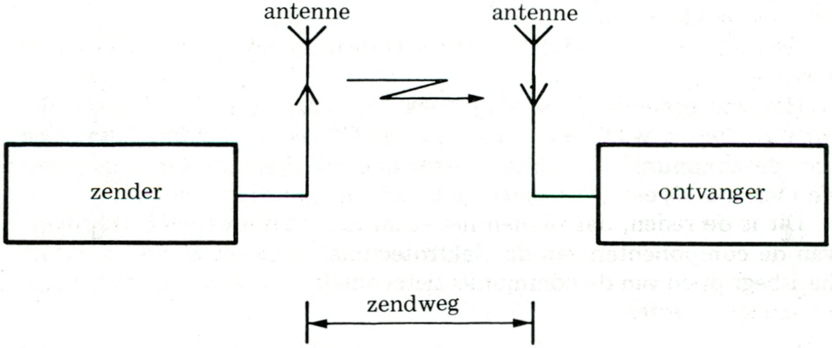
Het voorliggende CB-service boek gaat ervan uit, dat de lezer die zich verdiepen wil in de vragen van de CB-service, de basisbegrippen van de communicatietechniek reeds bekend zijn, zodat de hier geboden lektuur als een soort aanvullende cursus gezien kan worden.

Dit is de reden, dat binnen het raam van dit boek geen beschrijving van de componenten van de elektrotechniek gegeven wordt en dat de basisbegrippen van de communicatietechniek slechts in beknopte vorm behandeld worden.

2 Grondslagen van de CB-communicatietechniek

2.1 Basisprincipes van CB-apparatuur

CB-apparatuur functioneert in principe net zoals andere zend/ontvangstapparatuur. Zij is alleen goedkoper dan de commerciële mobilofoons en portofoons en mag alleen in de wettelijk vrijgegeven kanalen van de 11m-band zenden.



Afb. 2: Principe van een verbinding in één richting

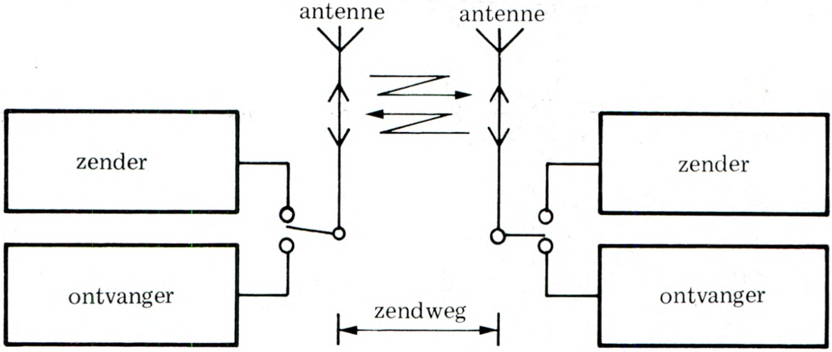
Zendamateurs en met de zendtechniek vertrouwde lezers weten, dat voor iedere verbinding twee apparaten nodig zijn: een zender en een ontvanger (Afb. 2). De zender wekt een hoogfrequentsignaal (HF-signaal) op, dat met spraak, muziek of andere laagfrequentsignalen (LF-signalen) gemoduleerd aan de antenne wordt toegevoerd. De antenne straalt dit gemoduleerde signaal uit, waardoor een elektromagnetischveld ontstaat. Een zich in dit elektromagnetische veld bevindende antenne neemt het HF-signaal op en voedt daarmee een ontvanger.

De ontvanger verwerkt het van de antenne geleverde signaal en levert aan zijn uitgang, zo te zeggen het eindprodukt, het oorspronkelijk aan de zender toegevoerde LF-signaal.

Een dergelijke verbinding noemt men een „éénwegverbinding“,

omdat de gewenste informatie (het LF-signaal) alleen in één richting (zender → ontvanger) overgebracht kan worden.

Afbeelding 3 daarentegen laat het principe schema van een „tweeweg-verbinding" zien. Hierin bestaat ieder station uit een zender, een ontvanger en een door de zender en de ontvanger gemeenschappelijk gebruikte antenne. Antennes van dit type, die met behulp van een



Afb. 3: Principe van een verbinding naar twee kanten

schakelaar direkt achter de zender en direkt voor de ontvanger aangesloten worden, noemt men zend/ontvangstantennes.

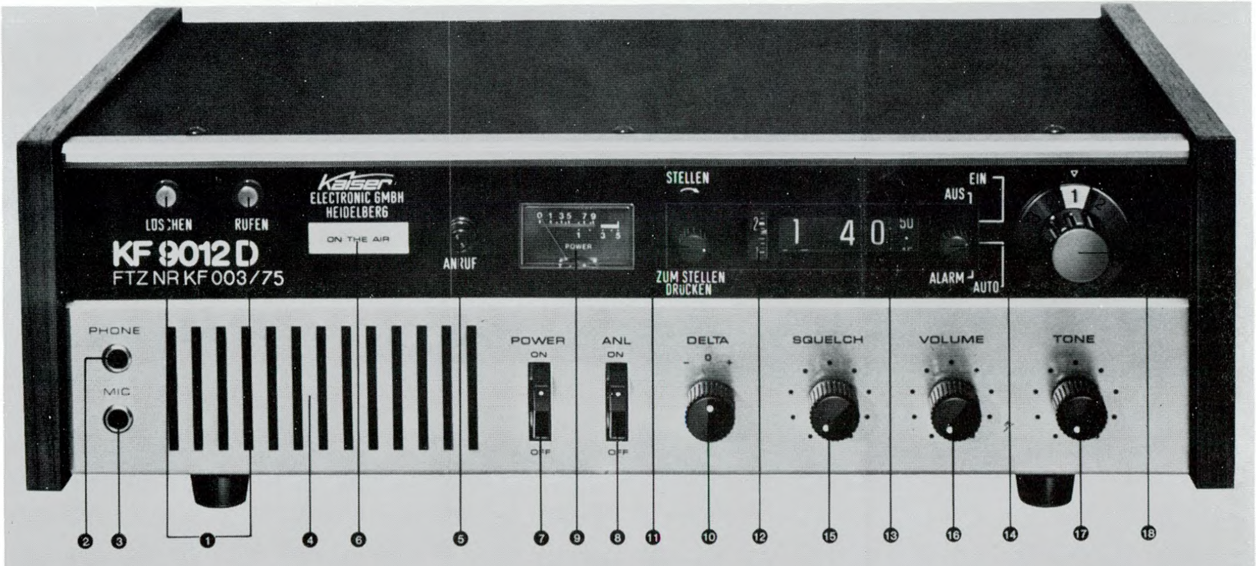
In de zendtechniek-praktijk is de antenne steeds met de ontvanger doorverbonden en wordt, tijdens het zenden, naar de zender omgeschakeld. Deze omschakeling gebeurt door het bekrachtigen van de, normaliter in het microfoonkapsel ingebouwde, zendschakelaar.

Voor een zendverbinding zijn de navolgende elementen nodig:

- Zender
- Ontvanger
- Antenne
- Elektromagnetische golven

Voor een systematisch en vakkundig opzoeken van gebreken bij defekte CB-apparatuur is kennis van de grondslagen van de communicatietechniek onontbeerlijk. Blindelings zoeken, zonder inzicht in het functioneren van het apparaat, of onderdelen ervan, kan slechts tot grotere beschadiging leiden.

Dit hoofdstuk zal de basisprincipes van de communicatietechniek, die voor vakkundig repareren van CB-apparatuur bekend moeten zijn, behandelen. Hierbij nemen wij aan, dat componenten die gebruikt



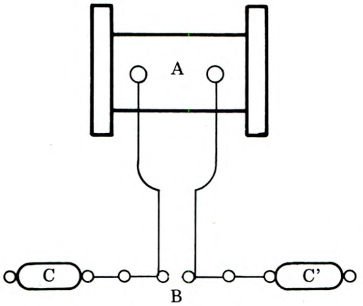
1. Ruf- und Löschtaste für SeleCall RUFEN/LÖSCHEN
2. Klinkensteckerbuchse für Kopfhörer PHONE/KOPFHÖRER
3. Klinkensteckerbuchse für Mikrofon MIC/MIKROFON
4. Frontlautsprecher, speziell ausgelegt für Sprachübertragung
5. Kontrolleuchte für SeleCall ANRUF
6. Kontrolleuchte für Sendebetrieb ON THE AIR/SENDEN
7. Ein/Aus-Schalter POWER/NETZ als Wippenschalter mit den Stellungen ON/EIN und OFF/AUS
8. Ein/Aus-Schalter für den Automatischen Störbegrenzer ANL/STÖRBEGRENZER mit den Stellungen ON/EIN und OFF/AUS
9. Beleuchtetes S/Power-Meter, für S-Stufen und Relative Ausgangsleistungs-Anzeige
10. DELTA-Tuning mit den Stellungen –, 0, +, ermöglicht den klaren Empfang auch etwas neben der Kanalsollfrequenz arbeitender Stationen
11. Einstellknopf für Zeit- und Alarm-Einstellung der Digital-Uhr ZUM STELLEN DRÜCKEN, Rechtsdrehung STELLEN für Alarmzeitpunkt, einschieben und drehen verändert die Zeitanzeige der Digital-Uhr.
12. Alarm-Skala der Digital-Uhr
13. Stunden-, Minuten- und Sekunden-Anzeige der Digital-Uhr
14. Funktions-Schalter der Digital-Uhr mit den Stellungen AUS, EIN, AUTO, ALARM
15. Drehknopf für einstellbare Rausch-sperre SQUELCH/RAUSCHSPERRE
16. Drehknopf VOLUME/LAUTSTÄRKE
17. Drehknopf für TONE/TONHÖHE
18. Kanal-Schalter insgesamt 12 Transceive-Kanäle

Afb. 4: Voorbeeld van een vaste post

worden in de elektronica, zoals b.v. weerstanden, condensatoren, spoelen en halfgeleiders, de lezer, zo mogelijk uit de praktijk, bekend zijn. Is dit niet het geval, dan wordt dringend aanbevolen eerst vakliteratuur hierover te bestuderen, omdat een uitvoerige behandeling van dit onderwerp aan het doel van dit boek voorbij zon gaan schieten.

2.2 De zender

In het „Deutsches Museum“ in München kan de bezoeker tegenwoordig de apparatuur bewonderen die Heinrich Hertz tussen 1885 en 1889 gebruikte om het bestaan van elektromagnetische golven te bewijzen en daarmee de opzienbarende theorie van Maxwell te bevestigen. Onder deze apparatuur bevindt zich ook de eerste door mensenhanden gebouwde zender, waarvan het schema in afbeelding 5 weergeven wordt.

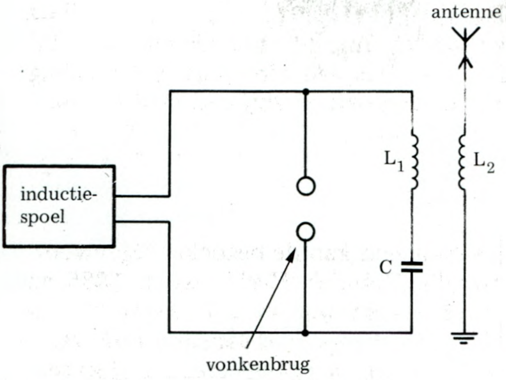


Afb. 5: De eerste zender van Heinrich Hertz

Daarin stellen de metalen cilinders CC’ een condensator voor, die door de transformator A (destijds nog „Inductorium“ geheten) opgeladen en aansluitend over de vonkenbrug B ontladen werd. Tijdens deze ontlading ontstonden de elektromagnetische golven. De primaire wikkeling van deze transformator werd vanuit een gelijkspanningsbron, die door een schakelaar afwisselend onderbroken werd, gevoed. Dat was alles.

Later paste Marconi hetzelfde principe toe, om met behulp van elektromagnetische golven informatie over te brengen. Hij verving alleen de condensator CC’ door een stuk draad en werd daarmee de uitvinder van de moderne antenne. De beslissende stap voor het vervolmaken van de zender werd echter door Prof. Braun in 1889 genomen door de resonantiekring in te voeren.

Het voordeel van de zender van Braun ten opzichte van het model van Heinrich Hertz was, dat de door hem gebruikte condensator C een veel grotere capaciteit had dan de door Hertz toegepaste condensator CC’. Er ontstonden daardoor grotere ontladingen over de vonkenbrug, zodat ook grotere hoeveelheden energie uitgestraald werden.



Afb. 6: De zender van Braun met een vonkenbrug, een resonantiekring L_1C en een antenne

De bedrijfsfrequentie van deze zender werd bepaald door de resonantiefrequentie van de kring L_1C. De spoel L_2 diende slechts als inductieve koppeling tussen zender en antenne. Na de zender van Braun volgden zendertypen met draaistroomgeneratoren of vlambogen, totdat aan het begin van de twintigste eeuw de triodebuis werd uitgevonden.

Tenslotte leidde de ontdekking van de transistor in 1947 een nieuw tijdperk in de elektronica en daarmee ook in de zendertechniek in. Grote vermogens en hoge bedrijfsfrequenties zijn vooralsnog aan de buis voorbehouden, die daarom, bij het bouwen van zenders, haar plaats naast de transistor behouden heeft. Voor CB-zendapparatuur, waarbij de bedrijfsfrequentie niet boven de 27 MHz uitkomt, voldoen transistoren.

2.2.1 Zendertypes

Tegenwoordig zijn er voor uiteenlopende toepassingen vele verschillende zendertypes. In principe is een zender nog altijd op dezelfde uitgangspunten gebaseerd om zijn enige opgave, n.l. informatie van welke aard dan ook met behulp van elektromagnetische golven over te dragen, te kunnen vervullen.

Hieruit volgt dat een zender minstens over een eenheid beschikken moet, die HF-trillingen kan opwekken (oscillator).

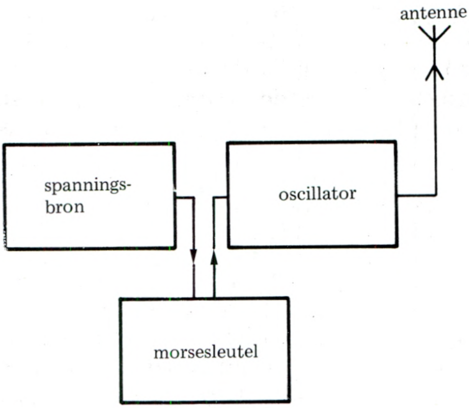
Welke extra hulpeenheden hier nog bij komen, hangt af van het feit hoe complex de eisen zijn die aan de zender gesteld worden.

De meest eenvoudige zender bestaat uit een simpele oscillatortrap die direkt met een antenne, die de opgewekte HF-energie uitstraalt, verbonden is.

De informatie-overdracht komt tot stand, doordat de door de oscillator opgewekte hoogfrequentgolven (ook „draaggolf" genoemd) door een morsesleutel in het ritme van de morsesignalen in- en uitge-

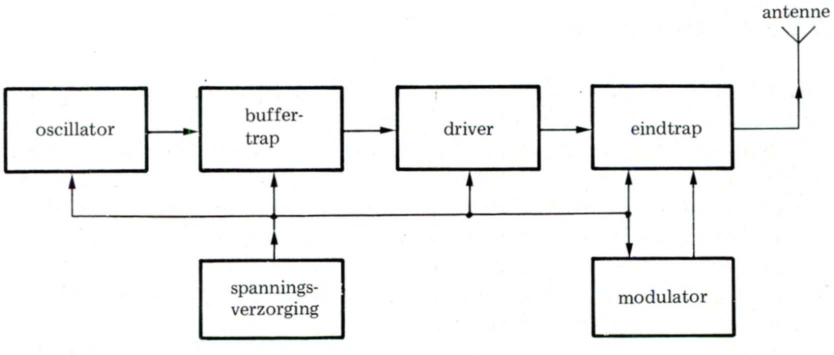
geschakeld wordt. Voor het draadloos overbrengen van informatie zijn derhalve een oscillatortrap, een morsesleutel en een antenne voldoende. Een moderne zender beschikt echter over nog meer eenheden, die uiteenlopende functies vervullen, afbeelding 8 toont het principeschema van zo'n zender.

De zender bestaat uit een oscillatortrap, een buffertrap (scheidingstrap), een drivertrap, een eindtrap, de spanningsverzorging en een antenne.



Afb. 7: Principeschema van een eenvoudige zender

Tussen oscillator- en buffertrap kunnen ook nog verschillende frequentieverdubbelaartrappen geschakeld worden, om de vaak lage oscillatorfrequentie naar een hoger liggende bedrijfsfrequentie om te zetten.



Afb. 8: Principeschema van een moderne zender

Bij CB-apparatuur wordt vaak de methode van frequentiemenging (frequentiesynthese) toegepast, om de draaggolffrequenties van de afzonderlijke kanalen op te wekken.

Naar het criterium welke soort van modulatie toegepast wordt, onderscheidt men de verschillendste zendertypen. In de CB-communicatietechniek werkt men echter alleen met amplitude gemoduleerde zenders (AM-zenders) en frequentie gemoduleerde zenders (FM-zenders). Bij deze AM-zenders speelt de enkelzijbandmethode (SSB) een belangrijke rol.

2.2.2 De AM-zender

2.2.2.1 Opzet

Het blokschema van afbeelding 8 toont het basisprincipe van een amplitudegemoduleerde zender. Het door de afzonderlijke trappen opgewekte en geschikt gemaakte, hoogfrequentsignaal (HF-signaal) wordt bij de eindtrap met behulp van een modulator in amplitude gemoduleerd en via de antenne uitgestraald. Vele van de hier aanwezige trappen vindt men in dezelfde of licht gemodificeerde vorm terug bij andere zendertypen. Voornamelijk is de modulator de trap, die de gewenste modulatiesoort bewerkstelligt en daarom ook, afhankelijk van het zendertype, wisselt.

2.2.2.2 Oscillatoren

Uit het voorgaande blijkt, dat een zender in zijn eenvoudigste vorm slechts uit één trap, namelijk een oscillator, kan bestaan. De oscillator is derhalve de belangrijkste eenheid van een zender. Oscillatoren vervullen echter ook aan de ontvangerzijde een belangrijke functie, namelijk als het erom gaat, van het ontvangen HF-signaal een middenfrequentsignaal (MF-signaal) te maken. Ook voor het verkrijgen van het laagfrequentsignaal (LF-signaal) uit de modulatieprodukten van SSB-signalen heeft men oscillatoren nodig. Oscillatoren zijn dan ook noodzakelijke bouwstenen in zowel zenders als ontvangers.

Pfincipieel onderscheidt men twee groepen van oscillatoren, de zgn. vrijlopende oscillatoren en de zgn. „kristaloscillatoren".

Vrijlopende oscillatoren hebben een geringe frequentiestabiliteit, in de orde van 10^{-4}, en vinden daarom — afgezien van CB-apparatuur als kinderspeelgoed — in de CB-techniek geen toepassing.

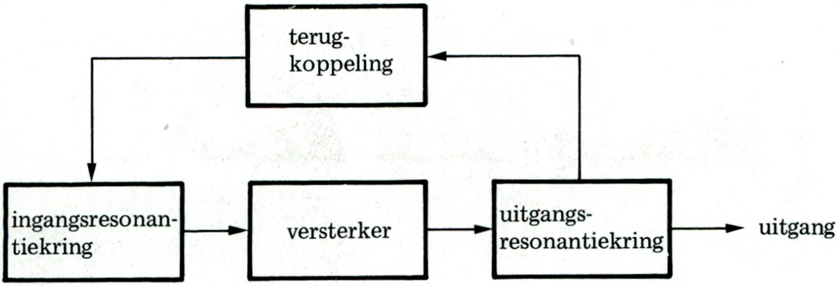
Kristaloscillatoren hebben een veel grotere frequentiestabiliteit (ongeveer 10^{-6}). Zij voldoen hiermee aan de wettelijk geëiste frequentiestabiliteit en worden daarom in de CB-techniek veelvuldig

toegepast. Onafhankelijk van het feit, of een oscillator vrijlopend of kristalgestuurd is, bestaat hij uit een versterker.

Via een bepaald netwerk (terugkoppeling) wordt hierbij een ge-

Afb. 9: Mobiele posten met 12 kanalen

deelte van het uitgangssignaal naar de ingang van de versterker terug gevoerd en wel zo, dat het teruggekoppelde signaal met het ingangssignaal in fase is.



Afb. 10: Principeschema van een oscillator

Afbeelding 10 toont het principeschema van een oscillator. Als versterkingselement kan een buis of een transistor gebruikt worden; in de CB-communicatietechniek worden tegenwoordig alleen nog transistoren toegepast.

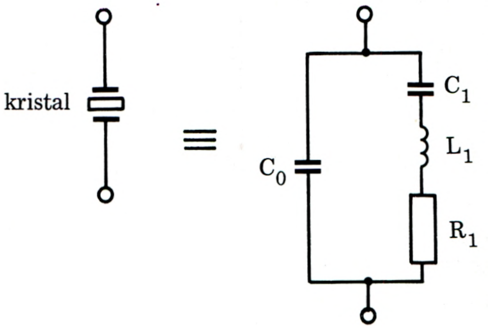
Bij kristaloscillatoren wordt de resonantiekring door een kristal vervangen. Afbeelding 11 laat het vervangingsschema van een kristal zien. Een serieresonantiekring met een hoge Q-factor (voorkomende waarden: 10^4 - 10^6) komt hierbij altijd overeen met een grote induktiviteit L_1, een kleine capaciteit C_1 en een kleine weerstand R_1, die de verliezen van een kring voorstellen.

De condensator C_o stelt de capaciteit van het kristalomhulsel voor en is altijd veel groter dan de capaciteit C_1. De normale waarden voor C_o liggen tussen 10 en 15 pF. De capaciteit C_1 heeft echter een waarde die in de buurt van slechts 0,05 pF ligt.

De resonantiefrequentie van een serieresonantiekring berekent men met de bekende en eenvoudige formule:

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$

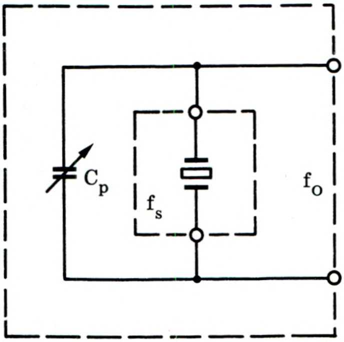
waarbij :



Afb. 11: Vervangingsschema van een kristal

f_s = de serieresonantiefrequentie in Hertz (Hz),
L_1 = de induktiviteit in Henry (H)
C_1 = de capaciteit in Farad (F)
π = 3,14, is.

De aanwezigheid van de capaciteit C_o, veroorzaakt door het kristalhuis, staat parallel aan de seriekring, geeft daarnaast ook nog een parallel-resonantiefrequentie f_p, waarvan de waarde met behulp van de volgende formule berekend kan worden:



$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \dfrac{C_1 \cdot C_o}{C_1 + C_o}}}$$

of

$$f_p = f_s \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1}{C_o}\right)$$

Afb. 12: Een geringe verandering van de resonantiefrequentie van een kristal door een condensator Cp, die parallel aan het kristal wordt aangesloten.

Uit deze formules blijkt dat het verschil tussen f_p en f_s zeer klein is. Hoe meer de waarde van de capaciteit C_o de waarde van de capaciteit C_1 nadert, des te groter zal dit verschil worden. Daar echter de capaciteit C_o normaliter veel groter is dan de capaciteit C_1, blijft het verschil tussen f_s en f_p in het algemeen klein.

Uit het voorgaande blijkt dat de resonantiefrequentie van een kristal door een parallel geschakelde capaciteit C_p (Afb. 12) beïnvloed kan worden.

De hierdoor ontstane nieuwe resonantiefrequentie f_o volgt uit de formule:

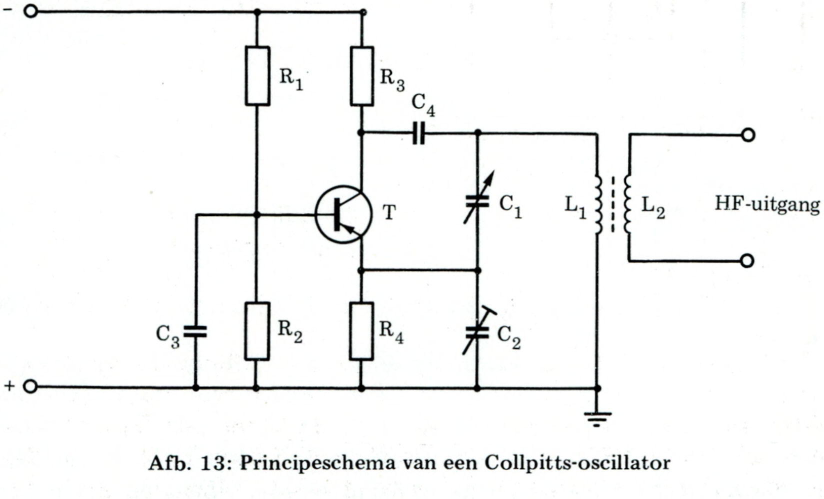
$$f_o = f_s \left(1 + \frac{C_1}{2(C_o + C_p)}\right)$$

Van deze mogelijkheid, om de resonantiefrequentie van een kristal door een bijgeplaatste capaciteit te beïnvloeden, wordt in de CB-techniek vaak gebruik gemaakt.

Oscillatortypen

De Collpitts-oscillator

Eén van de in de CB-techniek vaak toegepaste oscillatortypen is de Collpitts-oscillator. Afbeelding 13 toont het principeschema van een vrijlopende Collpitts-oscillator.

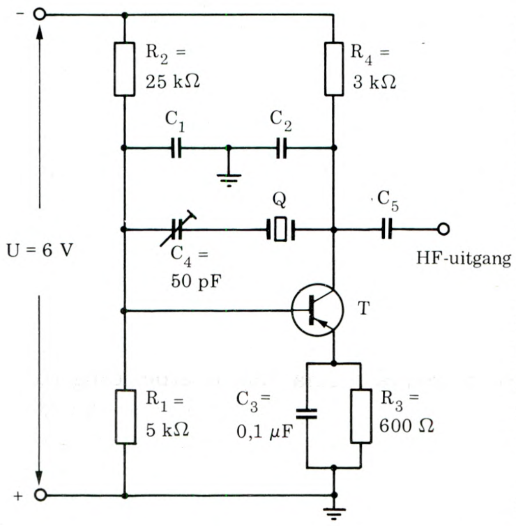


Afb. 13: Principeschema van een Collpitts-oscillator

Hierin is de resonantiekring $C_1/C_2/L_1$ via de condensator C_4 op de collector van de in gemeenschappelijke-basisschakeling werkende

transistor T aangesloten. De condensator C_3 legt de basis HF-matig aan massa. De voor het opwekken van de resonantie noodzakelijke, terugkoppelspanning wordt aan de emitter, via de capacitieve spanningsdeler C_1/C_2 toegevoerd. De weerstanden $R_1/R_2/R_4$ zorgen voor de instelling van het werkpunt van de transistor.

Via de weerstand R_3 wordt de collectorspanning toegevoerd. De HF-energie wordt via de spoel L_2 afgenomen. De resonantiefrequentie kan met behulp van de afstemcondensator C_1 en — hoewel slechts beperkt — met de trimcondensator C_2 worden ingesteld.



Afb. 14: Schema van een Collpitts-kristaloscillator

Het principeschema van een Collpitts-kristaloscillator wordt in afbeelding 14 getoond. Het kristal Q zorgt voor de induktiviteit van de parallel-resonantiekring en de condensatoren $C_1/C_2/C_4$ voor de benodigde capaciteit.

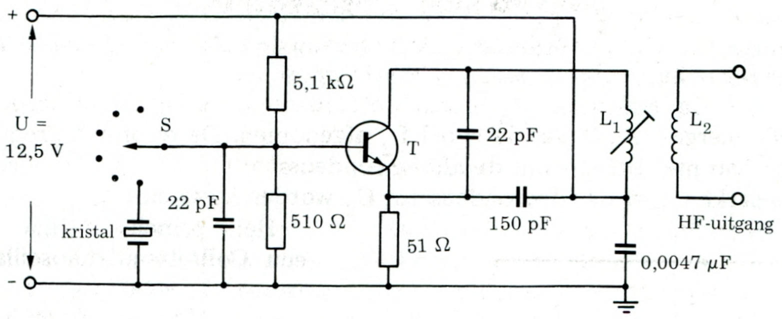
De trimcondensator C_4 heeft dezelfde functie als de condensator C_p in afbeelding 12. Hierdoor is het mogelijk de resonantiefrequentie in geringe mate (met ongeveer 1%) te variëren.

De condensatoren C_1/C_2 zorgen ook hier voor de benodigde spanningsdeler. De overige componenten van de oscillator komen overeen met die in de schakeling van afbeelding 13.

Het HF-vermogen wordt hier echter niet induktief, maar capacitief via de condensator C_S afgetakt.

Afbeelding 15 toont het schema van een Collpitts-oscillatortype, zoals hij in een 6-kanaals CB-apparaat wordt toegepast. Inplaats van één kristal kunnen hier zes kristallen — één kristal per kanaal — door een schakelaar (S) met de basis van de transistor T doorverbonden worden. Het HF-vermogen wordt via de spoel L_2 afgenomen.

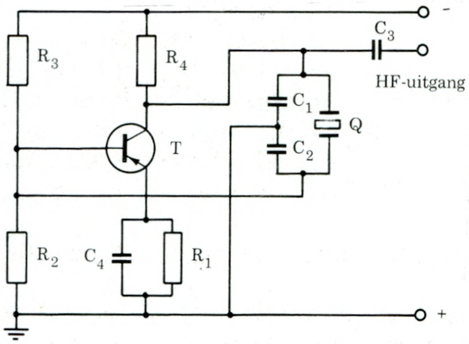
De overige componenten in deze schakeling komen overeen met de componenten in de voorgaande schema's.



Afb. 15: Voorbeeld van een Collpitts-oscillator, zoals hij in een CB-apparaat wordt toegepast

De Pierce-oscillator

Naast de Collpitts-oscillator vindt in de CB-techniek vooral de Pierce-oscillator brede toepassing. Het principeschema staat in afbeelding 16.



Afb. 16: Principeschema van een Pierce-oscillator

De resonantiekring wordt hier voorgesteld door het kristal Q, waaraan de, in serie geschakelde, condensatoren C_1/C_2 parallel staan.

Het gemeenschappelijke punt van deze condensatoren ligt aan massa. De terugkoppelspanning wordt aan het koude eind afgetakt en aan de basis van de transistor toegevoerd. De emitter ligt HF-matig aan massa. De transistor werkt derhalve in een gemeenschappelijke-emitter-schakeling.

Ook hier zorgen de weerstanden $R_1/R_2/R_3$ voor de instelling van het werkpunt van de transistor. Via de weerstand R_4 wordt capacitief

via de condensator C_3 afgetakt. In CB-communicatie-apparatuur komt men op uiteenlopende wijze gemodificeerde versies van kristaloscillatoren tegen.

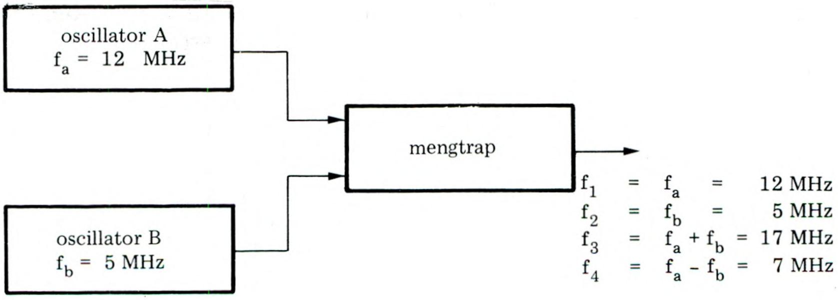
Hun exacte identificatie is een belangrijke voorwaarde voor het succesvol foutzoeken bij defecte apparatuur.

Frequentiesynthese

Vroeger werd CB-apparatuur gebruikt, waarin stabiele vrijlopende oscillatoren voor de frequentieopwekking toegepast werden.

Dit principe vindt men tegenwoordig slechts nog bij CB-apparatuur in de kinderspeelgoed sector. In de huidige generatie van CB-apparatuur worden uitsluitend kristaloscillatoren toegepast. In dit soort apparatuur zijn voor elk aanwezig kanaal twee kristallen — één voor het ontvangst- en één voor het zendgedeelte nodig. CB-apparatuur met 23 of 40 kanalen zouden daarom 46 resp. 80 kristallen voor de frequentieopwekking nodig hebben. Een dergelijk groot aantal kristallen is echter economisch niet meer te verantwoorden.

Om het aantal benodigde kristallen naar een minimum terug te brengen, wordt in toenemende mate de techniek van frequentiesynthese toegepast, die in de commerciële communicatie — en meettechniek al geruime tijd bekend en met succes beproefd is.



Afb. 17: Principe van frequentiesynthese

Het principe van frequentiesynthese berust op het mengen van twee of meer frequenties, waardoor vier of meer frequenties ontstaan. Ter verduidelijking beschouwen wij het schema van afbeelding 17.

Twee oscillatoren (A en B) wekken twee vaste frequenties f_a =

12 MHz en f_b = 5 MHz op, die naar een mengtrap gevoerd worden. Aan de uitgang van deze trap staan vier frequenties ter beschikking en wel:

$$f_1 = 12\ \text{MHz} \qquad f_3 = f_a + f_b = 17\ \text{MHz}$$
$$f_2 = 5\ \text{MHz} \qquad f_4 = f_a - f_b = 7\ \text{MHz}$$

Gebruikt men nu meer ingangsfrequenties, dan ontstaan aan de uitgang van de mengtrap natuurlijk ook meer frequentieprodukten.

De schakeling van afbeelding 18 maakt duidelijk, dat met een combinatie van drie oscillatoren met in totaal elf vaste frequenties en twee mengtrappen, alle benodigde frequenties voor de 23 kanalen van een CB-apparaat kunnen worden opgewekt.

Hierbij enige voorbeelden:

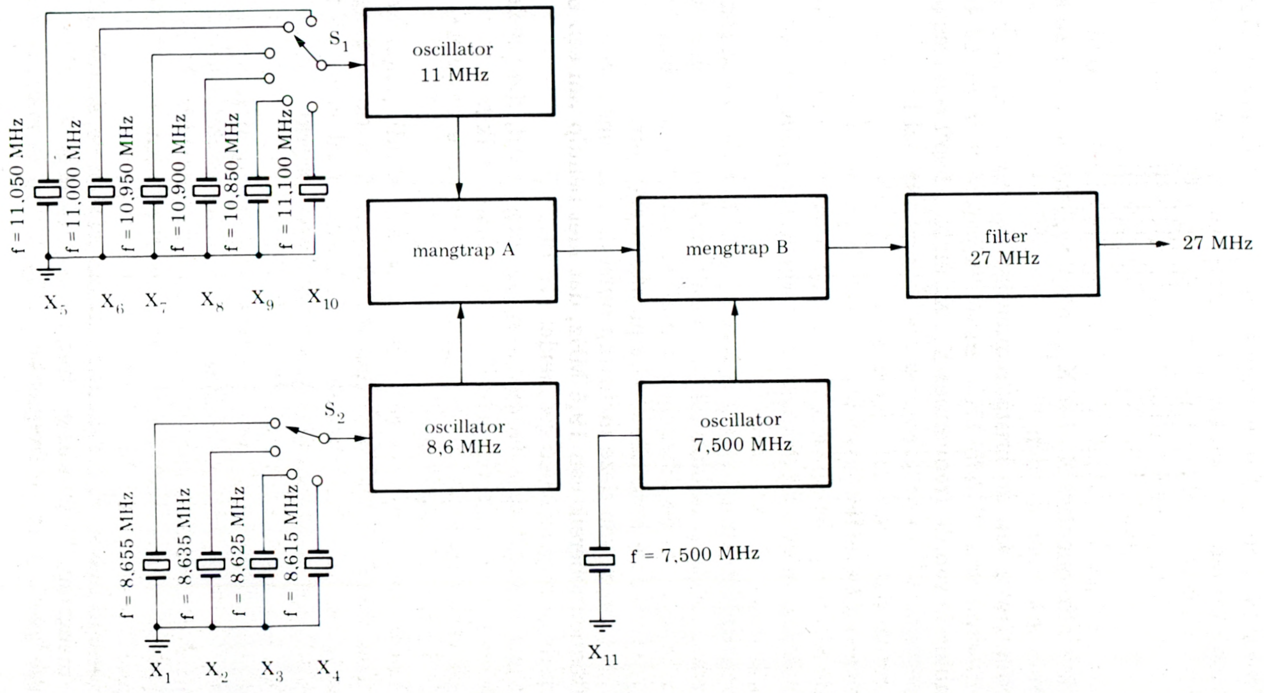
Laten we aannemen dat we met de schakelaar S_1 het kristal X_6 (f = 11.000 MHz) en met de schakelaar S_2 het kristal X_2 (f = 8,635 MHz) kiezen.

Aan de uitgang van de mengtrap A ontstaan in dit geval de volgende frequenties:

$$f_1 = 11{,}000\ \text{MHz} \qquad f_3 = 19{,}635\ \text{MHz}$$
$$f_2 = 8{,}635\ \text{MHz} \qquad f_4 = 2{,}365\ \text{MHz}$$

Deze vier frequenties voeden vervolgens de mengtrap B, die tegelijkertijd het signaal van de 7,5 MHz-oscillator toegevoerd krijgt. Aan de uitgang van deze mengtrap staan nu de volgende dertien frequenties ter beschikking:

f_1		=	11,000 MHz
f_2		=	8,635 MHz
f_3	$= f_1 + f_2$	=	19,635 MHz
f_4	$= f_1 - f_2$	=	2,365 MHz
f_5		=	7,500 MHz
f_6	$= f_1 + f_5$	=	18,500 MHz
f_7	$= f_1 - f_5$	=	3,500 MHz
f_8	$= f_2 + f_5$	=	16,135 MHz
f_9	$= f_2 - f_5$	=	1,135 MHz
f_{10}	$= f_3 + f_5$	=	27,135 MHz
f_{11}	$= f_3 - f_5$	=	12,135 MHz
f_{12}	$= f_4 + f_5$	=	9,865 MHz
f_{13}	$= f_4 - f_5$	=	5,135 MHz



Afb. 18: Principeschema van frequentiesynthese voor het opwekken van 23 frequenties voor de CB-kanalen 1 tot 23

Van deze frequenties ligt de frequentie $f_{10} = f_3 + f_5$ in het 27 MHz-bereik. Met behulp van een bandfilter kan deze frequentie gemakkelijk van de overigen gescheiden worden.

Hij komt overeen met kanaal 15 in de CB-communicatieband (zie tabel 6).

Uit het voorgaande blijkt, dat door overeenkomende combinaties van de kristalfrequenties X_1 tot X_{11}, alle frequenties van de 23 kanalen opgewekt kunnen worden.

De combinatie van de kristalfrequenties X_4, X_7 en X_{11} b.v. geeft een frequentie van 27,065 MHz en dit is kanaal 9 in de CB-band. De combinatie van de frequenties X_4, X_9 en X_{11} heeft een frequentie van 26,965 MHz tot gevolg, overeenkomend met kanaal 1.

Het combineren van de frequenties X_2, X_7 en X_{11} wekt een frequentie van 27,085 MHz op, d.w.z. kanaal 11, enzovoort.

Op dezelfde manier zoals frequentiesynthese voor het opwekken van zendfrequenties wordt toegepast, wordt dit principe ook voor het ontvangstgedeelte gebruikt.

Afbeelding 19 toont het principeschema. Aan de ontvangstzijde is nog een mengtrap noodzakelijk. In de mengtrap A worden op dezelfde manier als in de schakeling van afbeelding 18, met behulp van twee oscillatoren de verschillende frequenties opgewekt.

Aan de uitgang van deze mengtrap ontstaat ondermeer een signaal in het frequentiebereik van 19,5 MHz, dat met behulp van een bandfilter van de overige signalen gescheiden wordt.

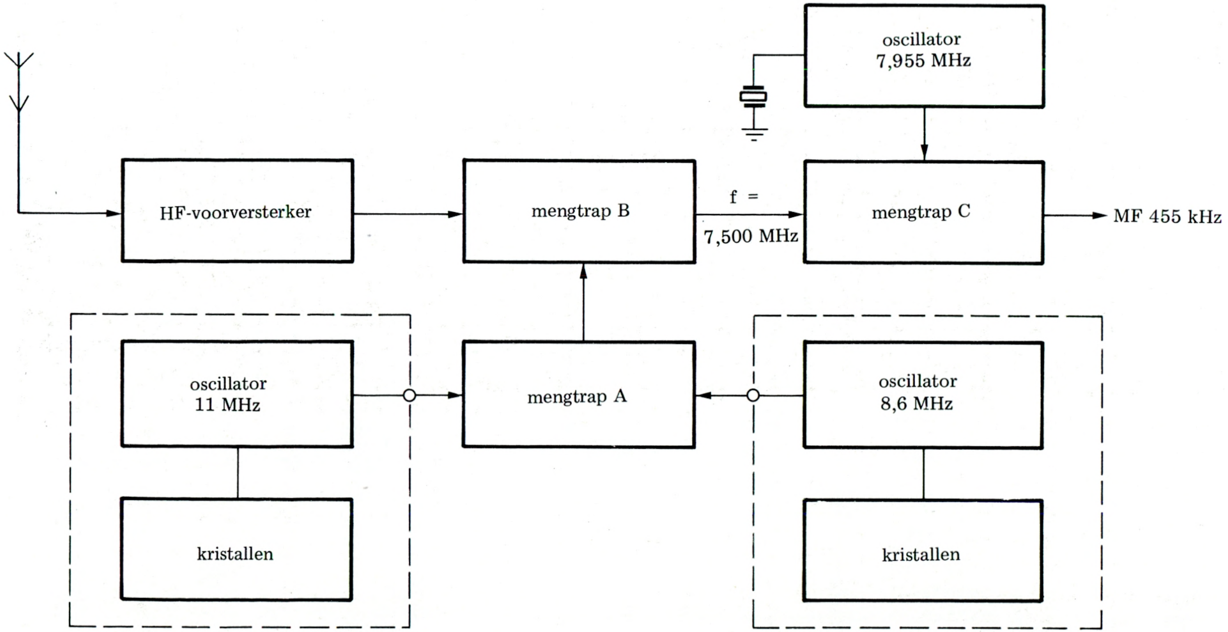
Dit signaal wordt aan de mengtrap B toegevoerd, die tegelijkertijd met een ontvangen signaal uit het 27 MHz-bereik gevoed wordt, zodat aan de uitgang altijd een signaal met de vaste frequentie van 7,5 MHz ter beschikking staat.

Dit signaal voedt uiteindelijk de mengtrap C, die tegelijkertijd een signaal van 7,955 MHz toegevoerd krijgt. Aan de uitgang van deze mengtrap verschijnt het middenfrequentsignaal van 455 KHz. Dit signaal wordt in de hieropvolgende MF-trap versterkt.

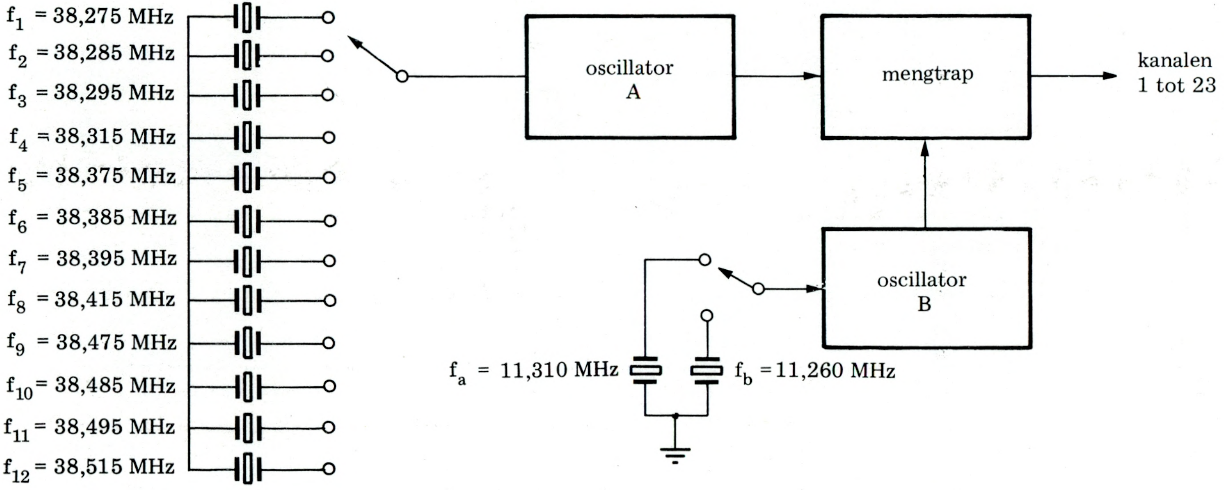
Ter verduidelijking het volgende voorbeeld:

Wordt de mengtrap A met de frequenties 9,615 MHz, en 10,950 MHz gevoed (Afb. 18: kristal X_4 en X_7), dan verschijnt aan de uitgang van deze mengtrap ondermeer de frequentie 19,565 MHz. Deze frequentie is nu geschikt om kanaal 9 te ontvangen. De frequentie van kanaal 9 bedraagt 27,065 MHz.

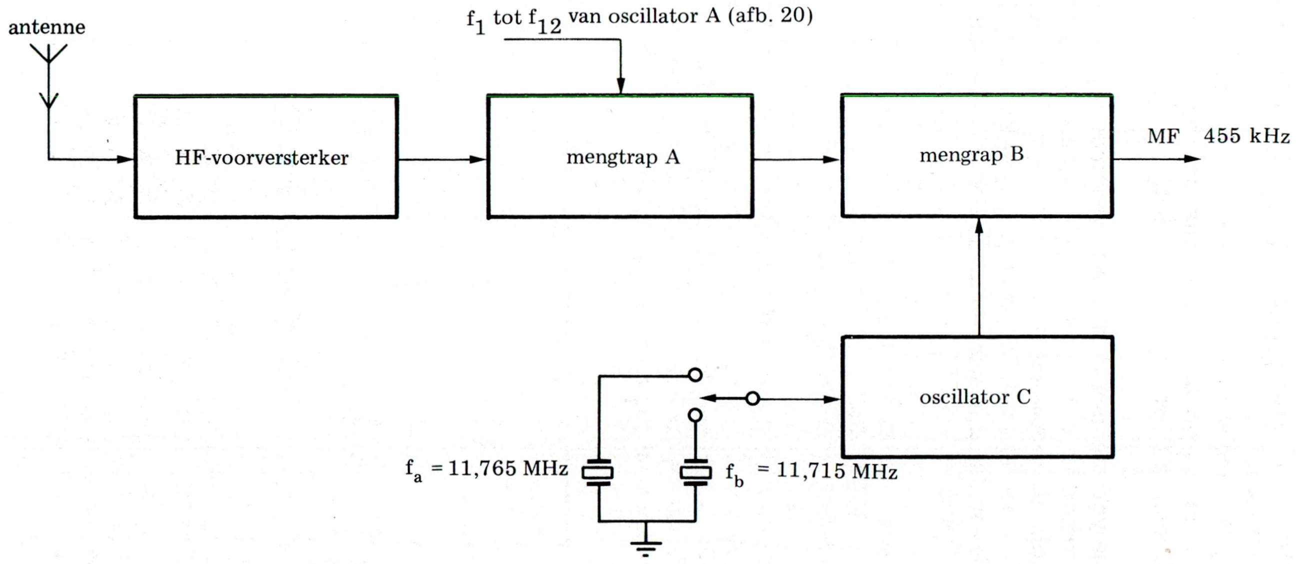
Het verschil tussen de frequentie van kanaal 9 en de, aan de uitgang van de mengtrap A aanwezige frequentie, bedraagt 7,5 MHz. Deze frequentie geeft, met de frequentie 7,955 MHz, de middenfrequen-



Afb. 19: Principeschema van frequentiesynthese voor het ontvangstgedeelte van een 23 kanalen CB-apparaat



Afb. 20: **Frequentiesynthese voor de zender van een 23 kanalen CB-apparaat. Door toepassing van een mengtrap en twee oscillatoren met twaalf, resp. twee kristallen kunnen de frequenties voor alle 23 kanalen worden opgewekt.**



Afb. 21: Frequentiesynthese voor het ontvangstgedeelte van een 23 kanalen CB-apparaat. Door gebruik te maken van oscillator A (afb. 20) en oscillator C kan uit alle 23 kanalen het MF-signaal verkregen worden.

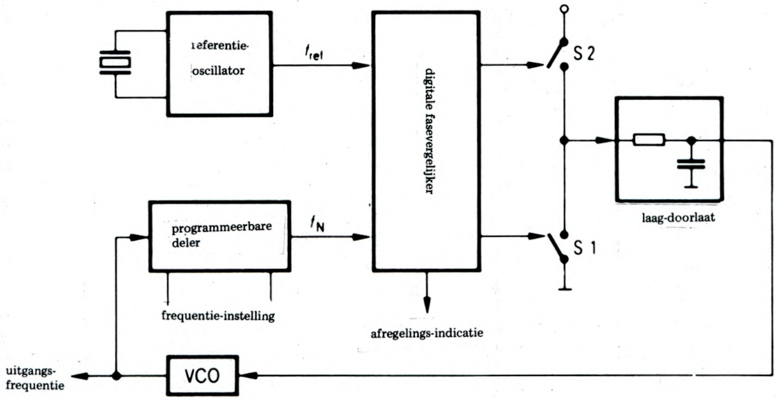
tie van 455 KHz. Op dezelfde manier kunnen alle 23 kanalen van de CB-band ontvangen worden.

De afbeelding 20 en 21 tonen aan de hand van verdere voorbeelden, hoe met behulp van 14 kristallen de frequenties van alle 23 kanalen van zowel het zend- als het ontvangstgedeelte van een CB-apparaat opgewekt kunnen worden.

De frequentiesynthese maakt dus een vermindering van het aantal benodigde kristallen van 2 x 43 = 46 naar slechts 14 mogelijk. Daar echter, ook bij toepassing van frequentiesynthese, nog steeds een relatief groot aantal kristallen voor het opwekken van de benodigde frequenties nodig zijn, wint in de moderne CB-techniek de zogenaamde PLL-synthesizer (PLL = Phase Lock Loop) steeds meer terrein.

Deze synthesizer maakt het mogelijk met slechts één kristal een willekeurig aantal frequenties op te wekken.

De werkingswijze van zo'n synthesizer wordt in afbeelding 22 getoond. Hierin wordt de frequentie van een spanningsgestuurde oscillator VCO (Voltage Controlled Oscillator) in een programmeerbare deler gedeeld en in een digitale frequentie- en fasevergelijker met een stabiele referentiefrequentie vergeleken. Afhankelijk van het resultaat wordt de stuurspanning voor de VCO door het tijdelijk sluiten van één van de schakelaars S_1 en S_2 gecorrigeerd.



Afb. 22: Principe van frequentiesynthese door het toepassen van één enkel kristal

Is de schakeling in evenwicht dan blijft de stuurspanning constant en de spanningsgestuurde oscillator resoneert exact met de N-voudige referentiefrequentie.

Door het variëren van de factor N van de programmeerbare deler kan de uitgangsfrequentie in veelvouden van de referentiefrequentie ingesteld worden.

2.2.2.3 HF-versterker

Met behulp van de oscillatoren, die in het voorgaande besproken zijn, kan theoretisch en onder bepaalde omstandigheden in de praktijk ook een eenvoudige zender gebouwd worden.

Sluit men namelijk aan een dergelijke oscillator een antenne aan, dan wordt zijn HF-energie in de vorm van elektromagnetische golven uitgestraald. Een dergelijke zender heeft echter zeer veel nadelen en kan, in het kader van de CB-techniek, zelfs niet als kinderspeelgoed toegepast worden.

De belangrijkste nadelen van een zender in deze vorm zijn het geringe HF-vermogen en de invloed van de antenne op de totale stabiliteit van de zender.

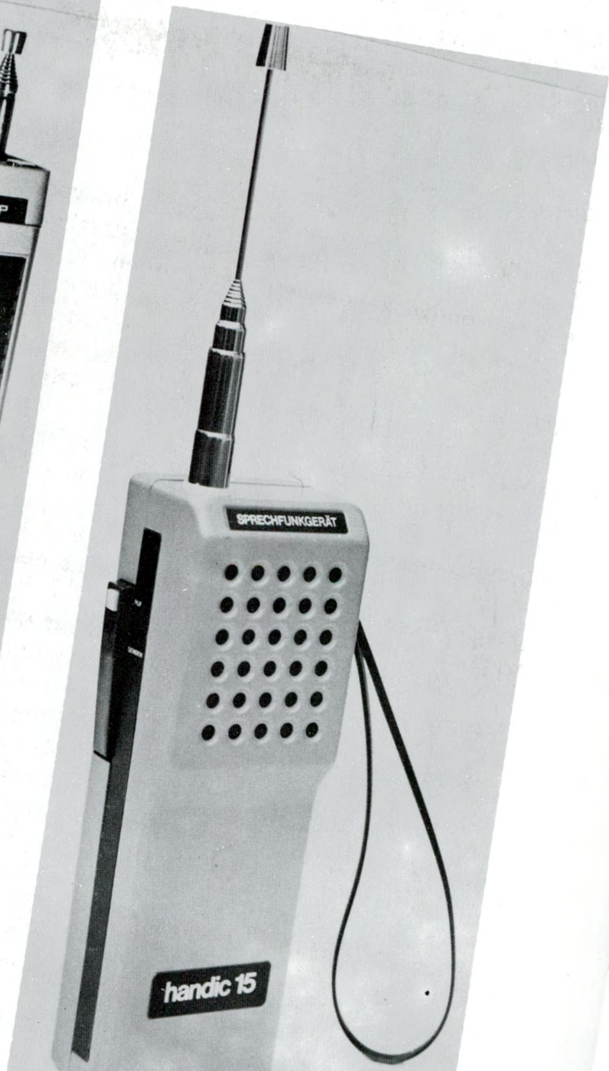
Als men echter een kwaliteitszender wil bouwen, dan is men verplicht om achter een oscillator volgens het principe van afb. 8 meer trappen te schakelen.

Nodig zijn een buffertrap, een driver en een eindtrap. De buffertrap zorgt in de regel niet voor een versterking van het door de oscillator opgewekte HF-signaal.

Zij dient slechts voor de ontkoppeling tussen oscillator en driver, resp. antenne. De driver versterkt het van de oscillator afkomstige zwakke HF-signaal en voedt aansluitend de eindtrap, die het gewenste HF-vermogen van de zender aan de antenne levert. In feite zijn buffertrap, driver en eindtrap dezelfde HF-versterkertrappen, die echter verschillende HF-vermogens te verwerken krijgen.

Onafhankelijk van het feit of hij nu voor grote of kleine HF-vermogens ingezet wordt, moet de versterker zo gedimensioneerd worden dat hij in staat is, aangeboden HF-signalen aan zijn uitgang versterkt en zonder vervormingen af te geven. Dit betekent, dat zowel het versterkingselement — in ons geval de transistor — als ook de ingangs- en uitgangskringen aan de eisen van de HF-techniek moeten voldoen.

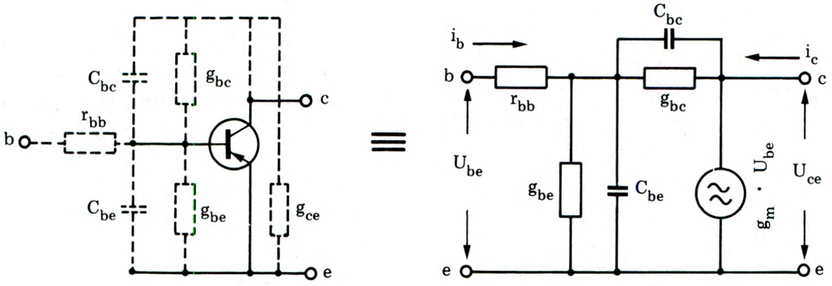
Dit geldt voor de parasitaire capaciteiten van transistoren en bedrading, maar ook voor de aanpassing aan de ingangs- en uitgangskringen.



Afb. 23: Portofoons

Bovendien moeten voorzorgsmaatregelen getroffen worden om gevaarlijke terugkoppeling, die een versterker in een oscillator zouden kunnen veranderen, te vermijden.

Dit soort schakelingen moeten daarom met andere ogen bekeken worden dan schakelingen van LF-versterkers.



Afb. 24: Vervangingsschema van een transistor als HF-versterker

Om het een en ander duidelijk te maken zullen wij afbeelding 24 eens nader bekijken.

Links is een transistor in gemeenschappelijke emitter-schakeling, rechts zijn vervangingsschema afgebeeld.

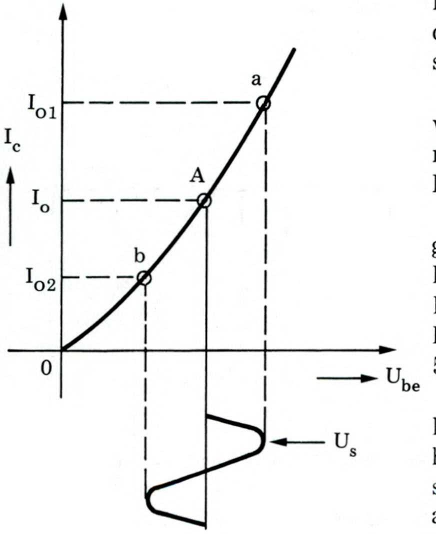
Om een dergelijke schakeling als versterker voor HF-signalen te kunnen inzetten, wordt het te versterken signaal U_{be} tussen basis en emitter aangeboden en verkrijgt men het versterkte signaal U_{ce} tussen collector en emitter (afbeelding 24 rechts). Om het versterkingseffect van de transistor niet door aanpassingsverliezen te beïnvloeden, moet de aanpassing van de ingangskring aan de signaalbron, maar ook de aanpassing van de uitgangskring aan de verbruiker, d.w.z. de daaropvolgende trap, gewaarborgd zijn. Hiertoe worden aan de in- en uitgang van HF-versterkers netwerken bestaande uit LC-componenten geplaatst en overeenkomstig afgeregeld.

Getransistoriseerde HF-versterkers worden meestal in gemeenschappelijke basis- of emitter-schakeling toegepast.

De keuze tussen de ene of andere schakeling hangt van verschillende parameters af (b.v. de werkfrequentie, de versterkingsfactor en de stabiliteit).

Bij frequenties tot 10 MHz gebruikt men bij voorkeur de gemeenschappelijke emitter-schakeling, die voor relatief grote versterkings-

factoren geschikt is. Bij hogere frequenties vindt men vaker de gemeenschappelijke basis-schakeling. Hij staat weliswaar verhoudingsgewijs een geringere versterking toe, maar maakt een betere stabiliteit dan de gemeenschappelijke emitterschakeling mogelijk.



Afb. 25: **Werkingsprincipe van een HF-versterker in klasse A instelling**

Naar het criterium van het te verwerken HF-vermogen onderscheidt men HF-versterkers voor kleine en HF-versterkers voor grote vermogens.

De eerste verwerken HF-vermogens tot ongeveer 100 mW, de laatste HF-vermogens van enige Watts, resp. Kilowatts. In de CB-techniek komen HF-versterkers voor, die 0,5 W resp. 5 W kunnen opwekken.

Terwijl bij HF-versterkers met een klein vermogen de versterkingsfactor het belangrijkst is, wegen bij HF-versterkers voor een groot vermogen andere factoren (b.v. stuurvermogen, rendement, koelingsmethode en klasse A, B of C instelling) zwaarder.

Afbeelding 25 toont de werking van een getransistoriseerde HF-versterker met klasse A instelling.

Het werkpunt A wordt bij deze methode zo gekozen, dat de, door het stuursignaal U_S veroorzaakte, uitsturing binnen het nagenoeg lineaire gedeelte van de karakteristiek (tussen a en b) blijft.

Als aan de ingang van de trap geen stuursignaal aanwezig is, dan heeft de collectorstroom de waarde Io (ruststroom).

Wordt echter op de ingang een stuursignaal gezet, dan verschuift het werkpunt tussen a en b, waarbij de collectorstroom waarden tussen Io_1 en Io_2 aanneemt.

Deze klasse instelling wordt daar toegepast, waar de lineairiteit belangrijker is dan het rendement, dat in dit geval nooit meer dan 50% kan zijn.

In afbeelding 26 wordt de werking van een HF-versterker met klasse B instelling getoond.

Het werkpunt A wordt in dit geval zo gekozen, dat de ruststroom Io (ontbrekend stuursignaal) gelijk aan nul is.

In de praktijk bedraagt deze ruststroom toch nog enige mA. Hij is echter zo klein dat het rendement de theoretische waarde van 78,5% zeer dicht kan benaderen.

De doorlaathoek Θ bedraagt hier 90°, terwijl hij in het vorige voorbeeld (afbeelding 25) 180° bedroeg.

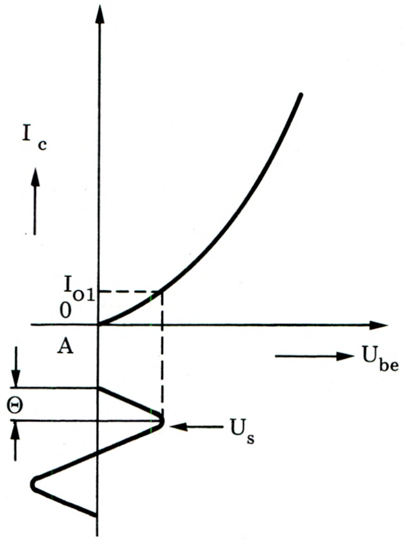
Afbeelding 27 tenslotte toont het principe van een HF-versterker in klasse C instelling.

Hier is het werkpunt A zo gekozen, dat de doorlaathoek Θ kleiner dan 90° blijft. De normale waarden voor de doorlaathoek liggen tussen 50° en 70°.

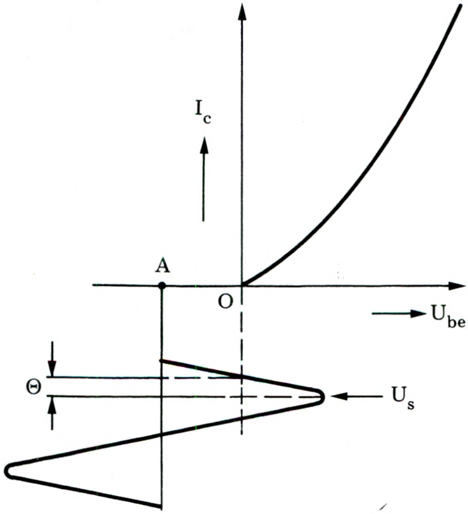
Het theoretische rendement bedraagt 89,7%. Hiervoor is op zijn minst een doorlaathoek van 60° nodig.

Afbeelding 28 toont het schema van een HF-versterker in klasse C instelling. De instelling van de doorlaathoek Θ gebeurt met behulp van de weerstand R_e in de emitterkring van de transistor T. Parallel aan deze weerstand is een condensator C_e geplaatst, die de emitter HF-matig aan massa legt.

De waarde van de

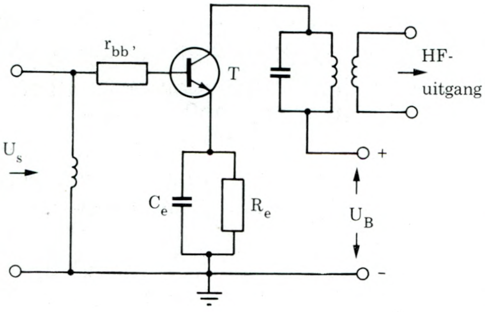


Afb. 26: De werking van een HF-versterker in klasse B instelling



Afb. 27: De werking van een HF-versterker in klasse C instelling

weerstand R_e hangt af van de emitterstroom I_e en de gewenste doorlaathoek Θ; de waarde van de condensator C_e hangt af van de werkfrequentie en de onvermijdelijke parasitaire induktiviteit van de kring.

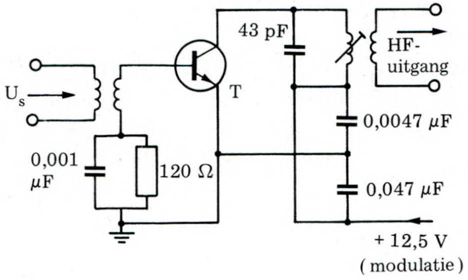


Afb. 28: Principeschema van een HF-versterker in klasse C instelling

Ten aanzien van de aanpassing van de ingangs- en uitgangskring moet op het volgende gelet worden:

Om vermogensverliezen zo veel mogelijk te vermijden, moet de ingangskring aan de bron, die het stuursignaal levert, aangepast worden.

Om dezelfde reden moet aanpassing tussen de uitgangskring en de afnemer van het HF-vermogen (b.v. een volgende trap of een antenne) gewaarborgd zijn. In beide gevallen worden uit LC-componenten opgebouwde aanpassingsnetwerken toegepast, die, voor de onderdrukking van ongewenste harmonischen, vaak met hiervoor geschikte filters gecombineerd worden.



Afb. 29: Voorbeeld van een driver, zoals hij in een CB-apparaat wordt toegepast

In afbeelding 29 wordt een HF-versterkertrap (driver), zoals hij in een CB-apparaat voor de versterking van het door de kristaloscillator geleverde HF-signaal gebruikt wordt, getoond.

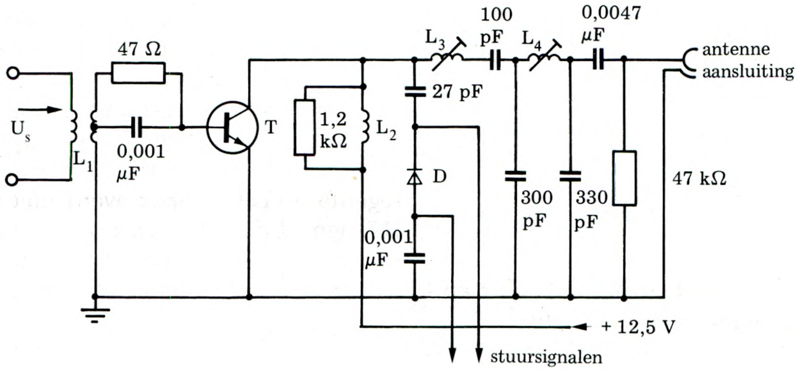
De weerstand van 120 Ω tussen basis en massa dient voor de instelling van het werkpunt.

Een parallel hieraan geschakelde condensator zorgt voor de onderdrukking van de door de oscilator opgewekte harmo-

nischen, zodat alleen het 27 MHz-signaal versterkt wordt. Zowel de koppeling tussen oscillator en ingang van de driver, als de koppeling tussen uitgang en daaropvolgende eindtrap, gebeurt induktief.

In de collectorleiding is een parallelresonantiekring, die met behulp van een instelbare induktiviteit op de frequentie van 27 MHz afgestemd kan worden, geplaatst.

De condensatoren van 0,0047 en 0,047 pF vormen een filter voor het 27 MHz-signaal. De collectorspanning van 12,5 V wordt via de modulator geleverd, dit betekent dat het moduleren van de zender in de driver plaats vindt.



Afb. 30: Schema van een eindtrap, zoals hij in een CB-apparaat met 5 W uitgangsvermogen wordt toegepast

Afbeelding 30 toont de hieropvolgende eindtrap van hetzelfde CB-apparaat.

Het gecompliceerde netwerk van de collectorkring is bedoeld om de uitgangsimpedantie van de transistor naar de genormeerde uitgangsimpedantie van 50 ohm te transformeren, zodat het aansluiten van een 50 ohm antenne zonder misaanpassing mogelijk wordt.

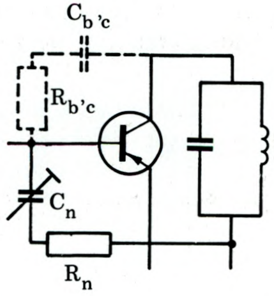
Oscilleren en tegenkoppeling

Een moeilijke opgave bij het dimensioneren van HF-versterkers is het voorkomen van ongewenste oscillaties.

HF-versterkers mogen, zoals bekend, niet op de werkfrequentie,

nog op een andere frequentie gaan resoneren, omdat zij dan hun functie als versterker verliezen en vrijlopende oscillatoren worden.

Dit ongewenst genereren kan, zowel door terugkoppelingen in buizen of transistoren, als ook door externe terugkoppelingen door ontoereikende afscherming ontstaan.



Afb. 31: Principeschema van tegenkoppeling bij HF-versterkers

Een afdoende methode om dit soort oscillaties te voorkomen is het plaatsen van een afzonderlijk afgestemde trim-condensator in de betreffende HF-trap. Deze methode wordt in afbeelding 31 getoond.

Hierin staat de trim-condensator C_n in serie met een als ontkoppelingselement fungerende weerstand R_n.

Het HF-signaal, afkomstig van de collectorkring, dat via C_n en R_n aan de basiskring wordt toegevoerd, is in tegenfase (180° verschoven) met het HF-signaal dat de basiskring via $C_{b,c}$ en $R_{b,c}$ (inwendige capaciteit en weerstand tussen collector en basis van de transistor) uit de collectorkring krijgt toegevoerd.

Hebben deze HF-spanningen dezelfde waarde, dan compenseren zij elkaar en het gevaar van ongewenst oscilleren van de versterker is bezworen. Grote voordelen bieden in dit opzicht de moderne silicium-planer-transistoren volgens de IS-techniek (IS-Integrated Screen), waar tussen collector en basis een scherm ingebouwd en met de emitter doorverbonden is.

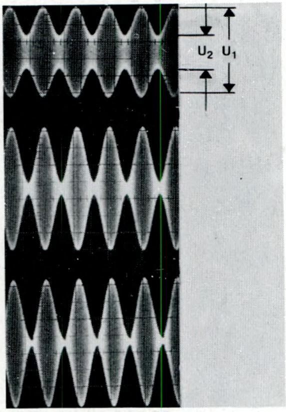
Deze methode heeft tot gevolg, dat de tussen collector en basis aanwezige capaciteit opgedeeld wordt en daarmee en grote ontkoppeling bereikt wordt.

2.2.2.4 Amplitude-modulatie

Modulatie is datgene, waardoor het over te brengen LF-signaal (b.v. spraak, muziek enz.) op het HF-signaal opgeslagen wordt. Er bestaan verschillende soorten modulatie, bij CB-communicatie wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van amplitudemodulatie (AM).

In Nederland is i.v.m. de lagere storingsgevoeligheid FM-modulatie

voorgeschreven. De reden ,dat men vaak AM-modulatie toepast is, dat AM-modulatoren met minder technische middelen te maken zijn. Bij amplitudemodulatie wordt, zoals het woord reeds zegt, door het opgemoduleerde LF-frequentsignaal, de amplitude van de draaggolf beïnvloed.



Afb. 32: Amplitudegemoduleerd signaal

Afbeelding 32 laat de verandering van de amplitude van de draaggolf, afhankelijk van de variatie van de amplitude van het modulatiesignaal (LF-signaal), zien.

De verhouding:

$$\frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2}$$

noemt men de modulatiediepte m.

Deze wordt in procenten uitgedrukt, waarvoor de volgende formule geldt:

$$m\% = \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2} \times 100$$

Als men deze formule vergelijkt met afbeelding 32 dan is gemakkelijk vast te stellen dat de modulatiediepte m = 1 (100%) wordt, als de amplitude van het modulatiesignaal gelijk wordt aan de amplitude van de draaggolf.

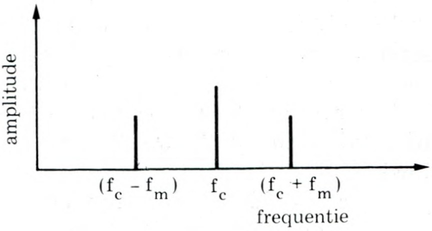
Verder verhogen van de amplitude van het LF-signaal voert tot overmodulatie (afb. 32 onder) en daarmee tot vervorming.

Vervorming kan echter ook optreden door niet-lineariteit van de modulator, door slechte aanpassing tussen eindtrap en antenne enz.

Afgezien van de mogelijkheid de vervorming te schatten door eenvoudigweg te luisteren naar het gedemoduleerde signaal, zijn er ook methodes om de vervorming exact kwalitatief, met behulp van daarvoor geschikte meetapparatuur, te bepalen.

Bekijkt men een amplitudegemoduleerd signaal met een spectrumanalyser, dan blijkt dat zo'n signaal altijd uit een draaggolf en twee zijbanden bestaat.

Wordt b.v. een draaggolf f_c met een LF-signaal f_m gemoduleerd, dan ontstaan dwangmatig de signalen f_c, $(f_c + f_m)$ en $(f_c - f_m)$, zoals in afbeelding 33 getekend is.



Afb. 33: Spectrale weergave van een amplitudegemoduleerd signaal

Komt de draaggolffrequentie f_c overeen met 27 MHz en de modulatiefrequentie f_m met 7,5 kHz dan kunnen wij op het beeldscherm van een spectrumanalyser de volgende frequenties vaststellen:

$f_1 = f_c = 27{,}0000$ MHz
$f_2 = (f_c + f_m) = 27{,}0075$ MHz
$f_3 = (f_c - f_m) = 26{,}9925$ MHz

Laat men de draaggolffrequentie constant en varieert men daarentegen de modulatiefrequentie, dan komen de spectraallijnen $(f_c + f_m)$ en $(f_c - f_m)$ van afbeelding 33 dichterbij de draaggolffrequentie f_c, resp. verwijderen zich hiervan.

Verandert men echter de modulatiediepte m, dan veranderen ook de amplituden van de spectraallijnen f_c, $(f_c + f_m)$ en $(f_c - f_m)$.

De zijbanden blijven in amplitude altijd kleiner dan de draaggolf. Zolang geen vervormingen optreden, zijn de zijbanden altijd evengroot.

Laten wij ons nu eens verdiepen in de praktijk van amplitudegemoduleerde signalen. Het zendvermogen van een draaggolf wordt door het moduleren met een LF-signaal f_m in drie gedeelten (P_c, P_{m1} en P_{m2}) verdeeld, die evenredig met het kwadraat van de spanning U_o van de draaggolf zijn.

Ontvangt men een dergelijk signaal met behulp van een geschikte ontvanger, dan is het vermogen van de draaggolf nutteloos, omdat zij niet de te overdragen informatie (het LF-signaal f_m) bevat.

Bruikbaar zijn alleen de signalen $(f_c + f_m)$ en $(f_c - f_m)$, die echter in wezen hetzelfde zijn, zodat één van de zijbanden voldoende is om de overgedragen informatie te verkrijgen.

Het grootste gedeelte van het zendvermogen van een amplitudegemoduleerd signaal blijft dus onbenut.

Slechts het vermogen van één zijband is voor het terugwinnen van het overgedragen bericht van belang.

De verhouding tussen het nuttige vermogen P_{m1} of P_{m2} en het vermogen P_c bedraagt:

$$\frac{P_m}{P_c} = \frac{m^2}{4}$$

Bij m = 1 komt dit overeen met 1/4 van het zendvermogen bij een ongemoduleerde draaggolf.

Deze verhouding wordt natuurlijk nog ongunstiger, als de modulatiediepte m kleiner dan 1 wordt. (vgl. tabel 1)

Tabel 1: samenhang tussen P_m/P_c en de modulatiediepte

Modulatiediepte (%)	P_m/P_c (dB)
100	- 6,0
90	- 6,9
80	- 7,9
70	- 9,1
60	- 10,4
50	- 12,0
40	- 13,9
30	- 16,4
20	- 20,0
10	- 26,0

Met andere woorden zegt tabel 1 dat de signaal/ruis-verhouding aan de uitgang van een ontvanger altijd slechter is dan de signaal/ruis-verhouding aan zijn ingang.

Hij bedraagt in het gunstigste geval (m = 100%) - 6 dB.

Bij amplitudegemoduleerde signalen moet men dus bij de demodulatie altijd rekening houden met verliezen. Willen wij b.v. aan de uitgang van een ontvanger een signaal/ruis-verhouding van 10 dB halen, dan moeten wij aan zijn ingang een S/R-verhouding van + 16 dB hebben, vooropgesteld dat de modulatiediepte de grootst mogelijke waarde m = 1 resp. 100% heeft.

Bij m = 0,4 zou al een waarde van 13,9 + 10 = 23,9 dB nodig zijn. Men kan zich de vraag stellen, welke voordelen de amplitudemodulatie eigenlijk biedt. Deze vraag is gemakkelijk te beantwoorden.

Amplitudemodulatie is in tegenstelling tot andere modulatiemethoden met geringe technische middelen realiseerbaar en is daarom de goedkoopste modulatiemethode die er is.

2.2.2.5 Modulatoren

Om de in het voorgaande beschreven amplitudemodulatie in de praktijk te realiseren, is een modulatieversterker met één of meerdere trappen nodig.

Een dergelijke modulatieversterker, die wij reeds aan de hand van het blokdiagram in afbeelding 8 hebben leren kennen, bestaat alleen maar uit één of meerdere laagfrequenttrappen (LF-trappen), die het LF-signaal — vaak spraak — zo versterken, dat het geschikt is om de zender ermee te moduleren.

In de CB-techniek is het LF-signaal altijd van een microfoon afkomstig, die naar verhouding slechts zwakke LF-signalen kunnen opwekken.

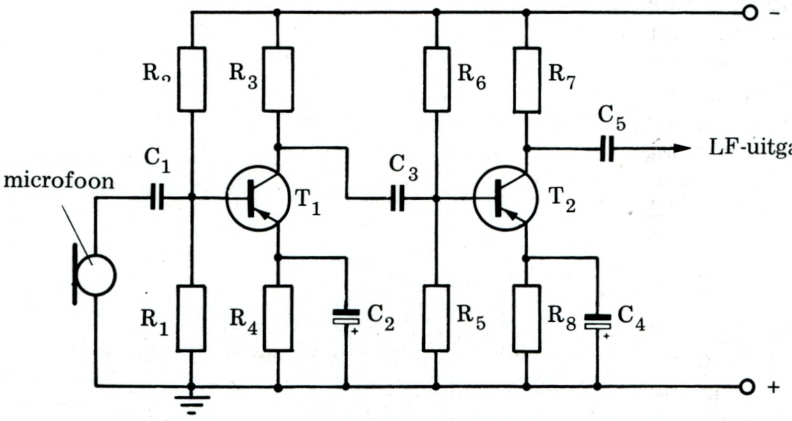
Anders was het mogelijk geweest, de zender direkt met het van de microfoon afkomstige LF-signaal te moduleren en zouden modulatieversterkers niet toegepast behoeven te worden. Deze mogelijkheid komt in de praktijk zelden en in de CB-techniek überhaupt niet voor, zodat modulatieversterkers hier onontbeerlijk zijn.

LF-versterkers zijn in de elektronica de eenvoudigste schakelingen. Zij zijn gemakkelijk te bouwen en ook zonder veel moeite en met eenvoudige hulpmiddelen te repareren.

Degene die met het bouwen of repareren van omroepontvangers, luidsprekerinstalaties e.d. belast zijn, zullen uit eigen ervaring met deze opmerking instemmen.

Volledigheidshalve zullen hieronder toch enige voorbeelden van LF-versterkers behandeld worden.

Afbeelding 34 toont het schema van een dergelijke versterker. Hij



Afb. 34: Principeschema van een LF-versterker

bestaat slechts uit twee transistortrappen met de transistoren T_1/T_2, een microfoon en enige weerstanden en condensatoren.

Weliswaar toont de afbeelding één van de eenvoudigste LF-versterkers, maar zij is goed geschikt voor de versterking van LF-signalen.

De microfoon of een andere bron voor LF-signalen (b.v. een pick-up, een akoestische sensor of een generator) voedt de basis van de eerste transistor met het te versterken LF-signaal.

In de collectorleiding van deze transistor verschijnt het reeds versterkte LF-signaal, dat via de koppelcondensator C_3 aan de basis van de tweede transistor toegevoerd wordt.

In de collectorleiding van deze transistor verschijnt het voor de tweede maal versterkte signaal, dat via de koppelcondensator C_5 kan worden afgetakt.

De weerstanden R_1/R_2 en R_5/R_6 dienen zoals bekend voor de instelling van het werkpunt van de transistoren. De condensatoren C_2/C_4 leggen de emitter HF-matig aan massa.

De weerstanden R_3/R_7 stellen de belastingsweerstanden van de transistoren voor.

De LF-versterker van afbeelding 34 stelt speciaal een LF-spanningsversterker voor. Aan de uitgang van een dergelijke versterker staat een LF-spanning die vele malen groter is dan het door de microfoon of door andere LF-signaalbronnen geleverde signaal.

De verhouding tussen ingangs- en uitgangssignaal hangt natuurlijk af van de versterkingsfaktoren L_1 en K_2 van de beide versterkertrappen T_1 en T_2.

Is b.v. het ingangssignaal U_e, dan heeft het uitgangssignaal de waarde:

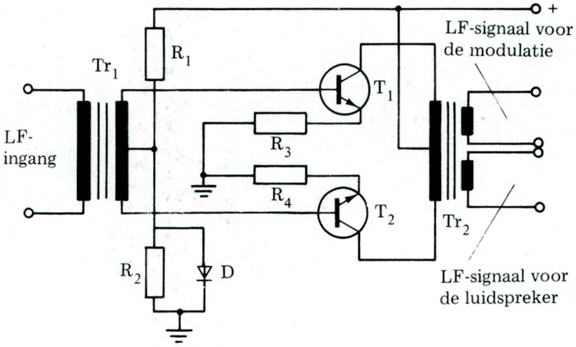
$$U_a = K_1 \times K_2 \times U_e$$

Dit uitgangssignaal is echter voor het voeden van de luidspreker van een ontvanger, waarvoor een bepaald minimum-LF-vermogen noodzakelijk is, niet voldoende. Men voldoet aan deze voorwaarde als men achter de uitgang van een LF-versterker volgens afbeelding 34 een LF-vermogensversterker schakelt.

Het principeschema van een LF-vermogensversterker staat in afbeelding 35. Hierbij gaat het speciaal om een LF-vermogensversterker in balansschakeling, bestaande uit de twee transistoren T_1 en T_2.

Het te versterken LF-signaal wordt via de ingangstransformator Tr_1 toegevoerd, het uitgangsvermogen wordt via de uitgangstransformator Tr_2 afgetakt. Dit signaal wordt tijdens de zendperiode voor het

moduleren van de zender en tijdens de ontvangstperiode voor het voeden van de luidspreker gebruikt. Op deze manier is het mogelijk om voor zowel het ontvangst- als het zendgedeelte van een CB-apparaat één en dezelfde versterker in te zetten.



Afb. 35: Principeschema van een LF-vermogensversterker in balansschakeling

Naast LF-vermogensversterkers in balansschakeling zijn er natuurlijk ook LF-versterkers met één vermogenstransistor. Het principe waarop de versterker is gebaseerd blijft echter onveranderd.

Aan zijn uitgang staat een LF-vermogen, dat voor het moduleren van een zender, resp. voor het voeden van een luidspreker gebruikt wordt.

2.2.3 De SSB-zender

Zoals bekend wint de enkelzijbandtechniek (SSB-techniek) niet alleen bij commerciële toepassingen, maar ook op het gebied van de amateur- en CB-communicatie steeds meer terrein.

Er worden steeds meer en steeds betere SSB-CB-apparaten aangeboden, die b.v. in Amerika door iedereen, maar hier in Nederland niet door CB-vrienden gebruikt mogen worden.

In Europa is b.v. in Italië wel SSB in de CB-communicatietechniek toegestaan.

Afb. 36: SSB-CB-apparaat, geschikt voor 40 kanalen

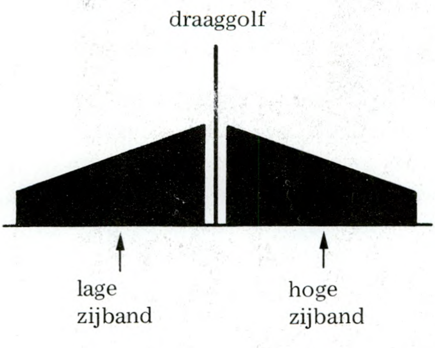
2.2.3.1 Wat is SSB?

In hoofdstuk 2.2.2.4 hebben wij gezien dat een amplitudegemoduleerd signaal altijd uit drie spektraallijnen, n.l. f_c, $(f_c + f_m)$ en $(f_c - f_m)$, bestaat.

Hierbij stelt f_c de draaggolffrequentie en f_m de modulatiefrequentie voor (afbeelding 33). In het aangehaalde voorbeeld bedroeg de draaggolffrequentie f_c, 27 MHz en de modulatiefrequentie f_m was 7,5 kHz.

In de praktijk heeft men bij de overdracht van muziek of spraak echter te maken met een wezenlijk gecompliceerder beeld, omdat het LF-signaal dan niet uit één enkele frequentie f_m bestaat, maar een breed frequentiespectrum heeft.

Een amplitudegemoduleerde draaggolf heeft daarom in werkelijkheid niet de vorm van afbeelding 33, maar die van afbeelding 37. Hierin wordt het frequentiespectrum links van de draaggolf f_c „de hoge zijband", het frequentiespectrum rechts van de draaggolf „de lage zijband" genoemd.



Afb. 37: Draaggolf en zijbanden van een amplitudegemoduleerde zender

In het hierboven genoemde hoofdstuk hebben wij bovendien gezien, dat de over te dragen informatie gelijktijdig in beide zijbanden aanwezig is.

Zij is dus tweemaal aanwezig, hoewel voor het terugwinnen van de informatie één enkele zijband – de hoge of de lage – voldoende zou zijn.

Verder bleek dat de draaggolf f_c alleen voor de overdracht nodig is en bij het terugwinnen van de informatie niet gebruikt wordt. Men zou daarom de draaggolf en ook één van de zijbanden kunnen weglaten, zonder de inhoud van de informatie die overgedragen moet worden te beïnvloeden.

Het was daarom een logische stap, een methode te ontwikkelen, die de overdracht met behulp van slechts één zijband en een nuttig gedeelte van het draaggolfvermogen mogelijk maakte. De SSB-techniek biedt, naast deze mogelijkheid, nog een ander voordeel.

Door gebruik te maken van slechts één zijband, kan de frequentieband die de tweede zijband normaliter zou bezetten, nu voor een andere zender gereserveerd worden (zie afbeelding 38). Dit betekent in de CB-techniek een verdubbeling van het aantal kanalen, n.l. van 12 naar 24, van 23 naar 46, resp. van 40 naar 80 kanalen.

Afb. 38: **Door de SSB-techniek wordt het HF-spectrum beter benut: waar anders plaats is voor één AM-zender, kunnen nu twee SSB-zenders ingezet worden. In de CB-techniek betekent dit een verdubbeling van het aantal kanalen, b.v. van 40 naar 80**

Informatiebladen van SSB-CB-apparatuur claimen vaak een verdrievoudiging van het effektieve zendvermogen en daarmee een vergroting van de reikwijdte ten opzichte van overeenkomende AM-apparatuur. Deze claim is terecht en berust op de volgende theorie: Het zendvermogen van een AM-zender verdeelt zich over de beide zijbanden volgens de volgende formule:

$$\frac{P_c \cdot m^2}{4}$$

Dit betekent dat bij een modulatiediepte van 100% (m = 1) 25% van het zendvermogen in elke zijband wordt opgeslagen.

De overblijvende 50% wordt door de draaggolf zelf ingenomen.

Als nu een methode ontwikkelt zou worden, die deze 50% evenredig over de beide zijbanden zou verdelen, dan zou het vermogen van de afzonderlijke zijbanden 50% bedragen en hun effektieve vermogen zou hiermee verdubbeld zijn.

In de SSB-techniek wordt nu inderdaad een techniek toegepast, waarbij de draaggolf bijna volledig onderdrukt en zijn vermogen aan de zijbanden gegeven wordt.

Bij een modulatiediepte van 100% heeft deze methode een verdubbeling en niet een verdrievoudiging van het effektieve vermogen, zoals de SSB-prospectussen beloven, tengevolge.

In de praktijk wordt echter niet met een modulatiediepte van 100% gewerkt, om oversturing te vermijden, maar met waarden van zo'n 80%.

Bij een modulatiediepte van 80% (m = 0,8) bedraagt het vermogen

van elke zijband niet 25%, maar:

$$\frac{m^2}{4} = \frac{0{,}8^2}{4} = 0{,}16$$

d.w.z. 16% van het totale vermogen.

De vermogensverdeling over de draaggolf en de zijbanden ziet er als volgt uit:

hoge zijband	:	16%
lage zijband	:	16%
draaggolf: 100-32	=	68%

Wordt in een dergelijke situatie de draaggolf bijna volledig onderdrukt, dan stijgt het vermogen van elke zijband van oorspronkelijk 16% naar 16 + 68/2 = 50%, dit komt overeen met een faktor 3.

Dit is de reden, waarom AM-CB-apparatuur met 4 W uitgangsvermogen na omschakelen op SSB-bedrijf 12 Watt effektief vermogen afgeven.

2.2.3.2 De werkwijze van een SSB-zender

Er zijn in de praktijk verschillende manieren, om de SSB-techniek te realiseren.

De bij CB-apparatuur hoofdzakelijk toegepaste methode is de zg. filter-techniek. Naar het criterium van de mate van onderdrukking van de draaggolf, maakt men onderscheid tussen verschillende SSB-technieken.

In der CB-techniek wordt vooral de SSSC-methode toegepast (Single Side Band with Suppressed Carrier = SSB met onderdrukte draaggolf).

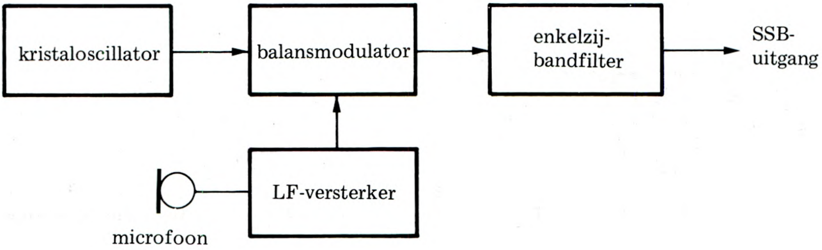
Afbeelding 39 toont het principeschema van een SSB-zender volgens de filter-techniek, die in de CB-techniek het meest gebruikt wordt.

Het hart van deze zender is de balansmodulator, die enerzijds door de draaggolf, en anderzijds door het LF-signaal gevoed wordt. Aan de uitgang van deze schakeling verschijnen nu de beide zijbanden van het gemoduleerde signaal.

De draaggolf wordt in de schakeling onderdrukt.

Na de balansmodulator volgt een enkelzijbandfilter, waarmee de hoge of de lage zijband onderdrukt kan worden.

Het resultaat is het frequentiespectrum van slechts één zijband, dat uitgestraald kan worden.



Afb. 39: Principeschema van een SSB-zender volgens de filtertechniek, zoals in de CB-techniek wordt toegepast

Laten wij echter eerst de balansmodulator eens nader bekijken. Afbeelding 40 toont het principeschema van een dergelijke modulator, die weliswaar technisch verouderd, maar voor de verduidelijking van zijn werkwijze zeer geschikt is. Deze schakeling wordt in de vakliteratuur „ringmodulator" genoemd.

Een diodenbrug, bestaande uit de dioden D_1 tot D_4 zorgt voor de menging van de draaggolf met het LF-signaal.

Hierdoor ontstaan diverse mengprodukten, waaronder de beide zijbanden. Omdat de draaggolf symetrisch aan de schakeling toegevoerd wordt, verschijnt hij niet aan de uitgang, of anders gezegd: hij wordt onderdrukt.

Naar gelang de symetrie beter is, is ook de mate van onderdrukking van de draaggolf groter. Hierbij spelen de instelbare componenten R_3 aan de ingang en C_4 aan de uitgang een rol. Ook het LF-signaal verschijnt niet aan de uitgang, omdat het niet door het HF-filter L_1 en L_2 heenkomt.

Er blijven dus twee zijbanden over, die aansluitend verder verwerkt worden.

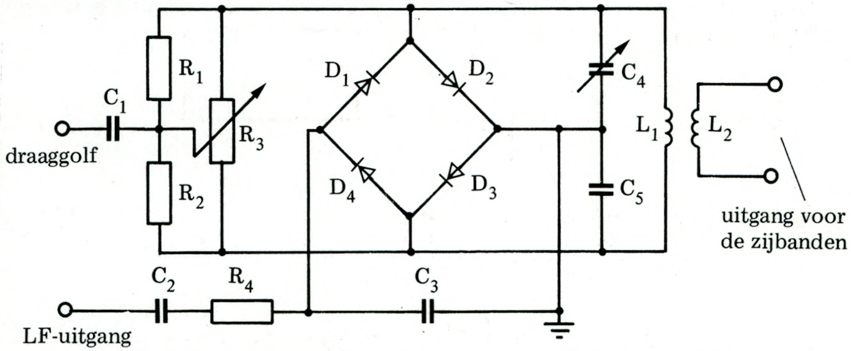
Bij moderne CB-apparatuur past men voor het verkrijgen van de zijbanden ook geïntegreerde schakelingen (IC's) toe.

Hierin worden oscillatoren voor het opwekken van de draaggolffrequentie en de ringmodulator gecombineerd.

Afbeelding 41 toont de toepassing van de geïntegreerde schakeling type SO42P.

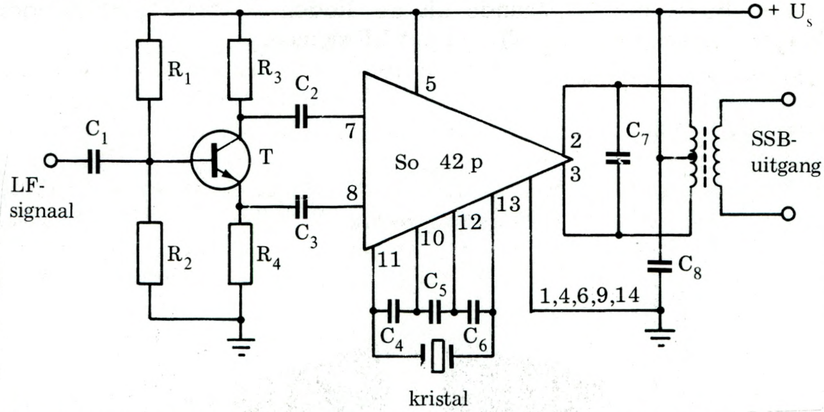
Om de draaggolf intern te kunnen opwekken, wordt tussen de aan-

sluitingen 11/13 een kristal aangesloten. Het LF-signaal wordt symetrisch op de aansluitingen 7/8 gezet, zodat hij aan de uitgang weer onderdrukt is.



Afb. 40: Principeschema van een ringmodulator voor het opwekken van een SSB-signaal

Weer blijven aan de uitgang alleen de beide zijbanden over om verder verwerkt te worden. De transistorschakeling met de transistor T zorgt voor het symetrisch voeden van de geïntegreerde schakeling SO42P met het LF-signaal.

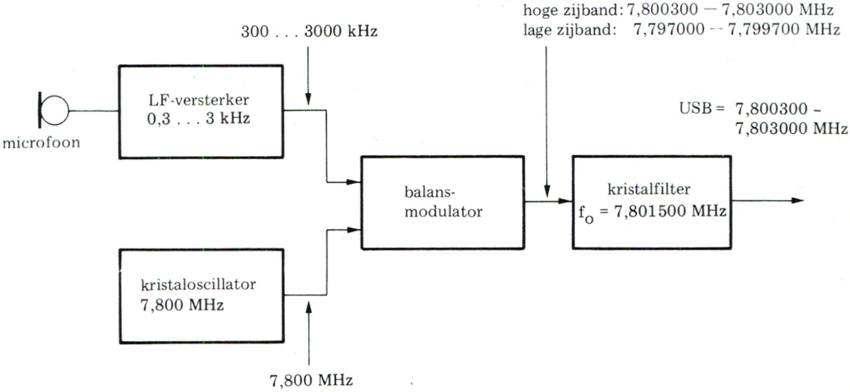


Afb. 41: Ringmodulator en oscillator in één geïntegreerde schakeling (IC) gecombineerd

Het enkelzijbandfilter

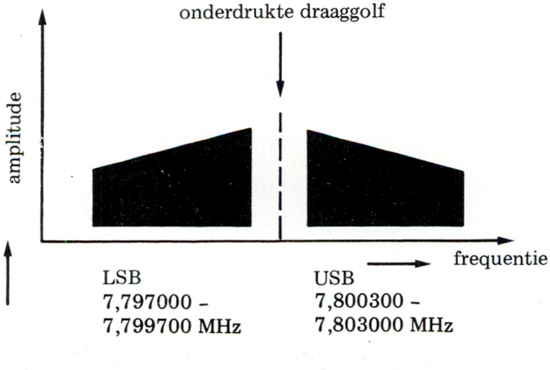
In het voorgaande werd het opwekken van de beide zijbanden door een ring-modulator besproken, waarbij zowel de draaggolf als ook het

LF-signaal onderdrukt werden. De volgende stap is de onderdrukking van één van beide zijbanden, waarna uiteindelijk het SSB-signaal gerealiseerd is. Dit wordt bij de filter-methode met behulp van een kristalfilter gedaan.



Afb. 42: Schema voor het verkrijgen van één zijband

De werkwijze van een dergelijke schakeling wordt in afbeelding 42 aanschouwelijk gemaakt.



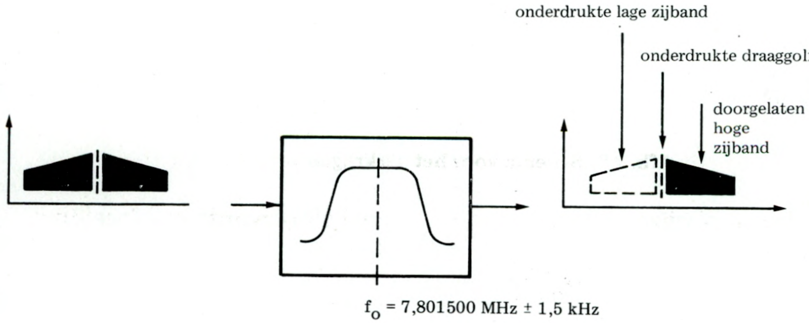
Afb. 43: De hoge en de lage zijband aan de uitgang van een ringmodulator

Hierin wordt de ringmodulator enerzijds door een kristaloscillator met een vaste frequentie van 7,800 MHz, anderzijds door een LF-versterker met een frequentie tussen 300 Hz en 3 kHz gevoed.

Dit LF-bereik is representatief voor CB-apparatuur, waar slechts spraak wordt overgedragen en dus geen hogere of lagere frequenties nodig zijn.

Aan de uitgang van de ringmodulator staan nu de hoge en de lage zijband met de volgende frequenties (vgl. afb. 43) ter beschikking

USB (upper sideband) = 7,800300 - 7,803000 MHz
LSB (lower sideband) = 7,797000 - 7,799700 MHz

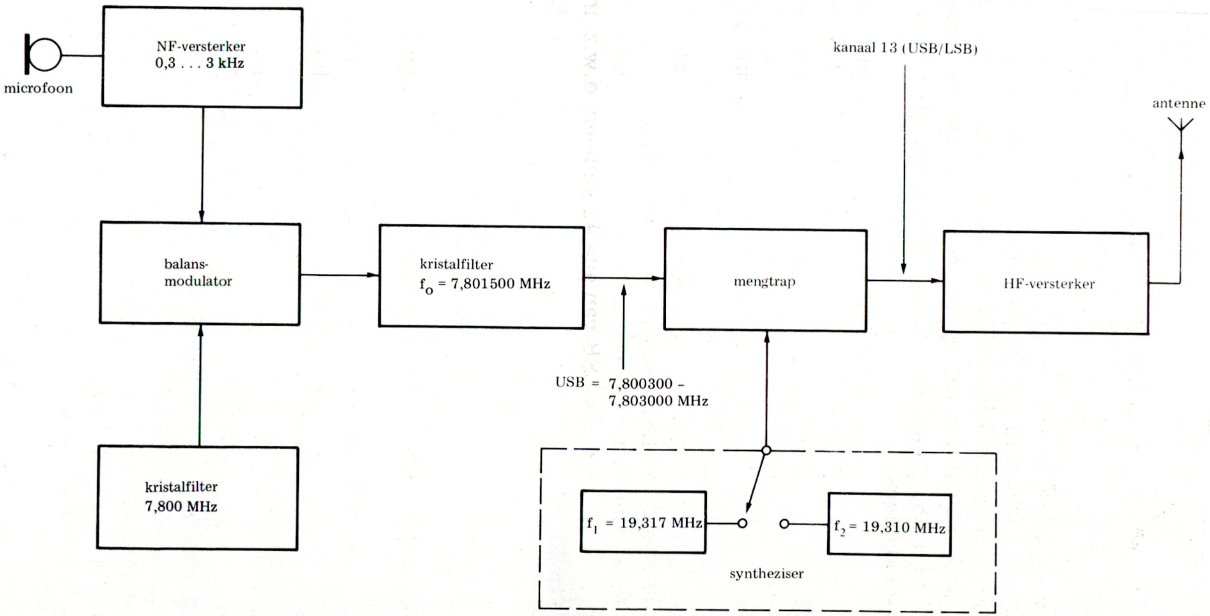


Afb. 44: Met behulp van een bandfilter wordt één van de beide zijbanden onderdrukt. Hierdoor ontstaat een SSB-signaal

Zou men nu een bandfilter met een centerfrequentie van f_O = 7,801500 MHz en een bandbreedte van ± 1,5 kHz aan de uitgang van de ringmodulator aansluiten (vgl. afb. 44), dan zou daardoor de lage zijband onderdrukt en de hoge zijband doorgelaten worden.

Natuurlijk zou men ook een bandfilter met f_O = 7,798500 MHz ± 1,5 kHz kunnen toepassen, om inplaats van de hoge de lage zijband door te laten.

Voor de verdere verwerking van het SSB-signaal is deze keuze niet van belang.



Afb. 45: Principeschema van een CB-SSB-zender voor kanaal 13 (USB/LSB)

De complete SSB-zender

In afbeelding 44 wordt getoond, hoe met behulp van een bandfilter een SSB-signaal wordt verkregen.

Dit signaal ligt om de 7,8 MHz en is daarom voor het 27 MHz-bereik van de CB-techniek niet geschikt.

Zijn bruikbaarheid in het frequentiegebied van de CB-techniek kan echter met behulp van een oscillator en een mengtrap wel gerealiseerd worden. Stel dat wij met dit signaal de frequentie voor het CB-kanaal 13 (USB of LSB) willen opwekken, dan toont afbeelding 45 de benodigde schakeling.

Hierin wordt als oscillator een synthesizer toegepast, die o.a. de vaste frequentie $f_1 = 19{,}317$ en $f_2 = 19{,}310$ MHz kan leveren. De menging van f_1 met het frequentiespectrum uit het kristalfilter geeft als resultaat een frequentiespectrum van 27,1173 tot 27,1200 MHz.

De menging van f_2 met hetzelfde frequentiespectrum geeft een frequentiespectrum van 27,1103 tot 27,1130 MHz.

Beschouwing van beide frequentiespectra leert, dat het eerste de USB en de tweede de LSB van kanaal 13 voorstelt.

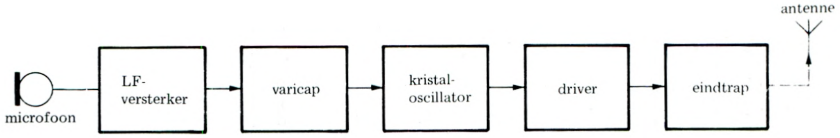
Door de synthesizer nu op de andere vaste frequentie in te stellen, kan men de USB resp. de LSB van alle 40 kanalen, d.w.z. in totaal 80 kanalen opwekken.

2.2.4 De FM-zender

Vergeleken met SSB-zenders zijn FM-zenders veel gemakkelijker te bouwen.

Afbeelding 46 toont het principeschema van een FM-zender. Het LF-signaal wordt door een microfoon geleverd en door een LF-trap versterkt.

Aansluitend zorgt een varicap voor de frequentiemodulatie door de frequentie van de kristaloscillator in het ritme van het LF-signaal te variëren. De overige trappen van een FM-zender komen in het algemeen overeen met die van een AM-zender.



Afb. 46: Principeschema van een FM-zender

2.2.4.1 Frequentiemodulatie

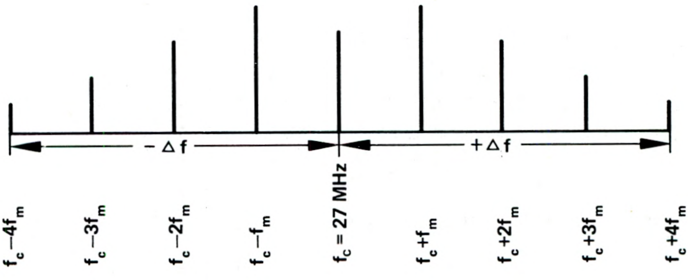
Frequentiemodulatie is de techniek waarin de draaggolffrequentie f_c in het ritme van de modulatiefrequentie f_m gevarieerd wordt.

Daarbij ontstaat een afwijking Δf, die men zwaai of deviatie noemt. Bekijkt men een frequentiegemoduleerd signaal (FM-signaal) met behulp van een spectrumanalyser, dan kan men vaststellen, dat in tegenstelling met een amplitudegemoduleerd signaal niet twee, maar meerdere spectraallijnen rechts en links van de draaggolf ontstaan.

Stel dat opnieuw een draaggolffrequentie f_c = 27 MHz met een modulatiefrequentie f_m = 7,5 kHz gemoduleerd wordt.

Door de frequentiemodulatie ontstaan in dit geval niet alleen de frequenties $f_c \pm f_m$, maar ook de frequenties $f_c \pm 2f_m$, $f_c \pm 3f_m$, $f_c \pm 4f_m$ enz. (zie afbeelding 47).

Theoretisch loopt dit frequentiespectrum links en rechts van de draaggolf tot in het oneindige. In de praktijk worden de amplituden van de verderaf liggende spectraallijnen echter zo klein, dat zij vanaf een bepaald niveau verwaarloosd kunnen worden.



Afb. 47: Spectraallijnen van een frequentiegemoduleerd signaal

Tabel 2: Modulatie-index M, amplitude van de draaggolf f_c en de zijbandfrequenties van een frequentie-gemoduleerd signaal

Modulatie-index M	Amplitude														
	Draag-golf f_c	f_m	$2f_m$	$3f_m$	$4f_m$	$5f_m$	$6f_m$	$7f_m$	$8f_m$	$9f_m$	$10f_m$	$11f_m$	$12f_m$	$13f_m$	$14f_m$
0,00	1,000														
0,01	1,000	0,005													
0,05	0,9994	0,025													
0,20	0,9900	0,0995													
1,00	0,7652	0,4401	0,1149	0,0020											
2,00	0,2239	0,5767	0,3528	0,1289	0,0341										
4,00	-0,3971	-0,0661	0,3641	0,4302	0,2811	0,3112	0,0491	0,0152							
5,00	-0,1776	-0,3276	0,0466	0,3648	0,3912	0,2611	0,1310	0,0534	0,0184						
7,00	0,3001	-0,0047	-0,3014	-0,1676	0,1578	0,3479	0,3392	0,2336	0,1280	0,0589	0,2035				
10,00	-0,2459	0,0435	0,2546	0,0584	-0,2196	-0,2341	-0,0145	0,2167	0,3179	0,2919	0,2075	0,1231	0,0634	0,0290	0,0120

Het frequentieverschil Δf tussen de draaggolf en de beide uiterste spectraallijnen links en rechts van deze draaggolf is de zwaai van het FM-signaal.

Laten wij nu de praktijk van frequentiemodulatie eens bekijken aan de hand van het hierboven aangehaald voorbeeld.

De draaggolffrequentie f_c is 27 MHz, de modulatiefrequentie f_m is 7,5 kHz. Bovendien veronderstellen wij dat de amplitude van de modulatie regelbaar is.

Zolang er geen modulatie aanwezig is, staat op het beeldscherm van de spectrumanalyser alleen de spectraallijn van de draaggolf. Zodra de amplitude van de modulatie toeneemt, verschijnen langzamerhand de spectraallijnen $f_c \pm f_m$, $f_c \pm 2f_m$, $f_c \pm 3f_m$ enz.

Tegelijkertijd neemt de amplitude van de draaggolf af. Hoe groter de amplitude van het modulatiesignaal wordt, des te meer spectraallijnen links en rechts van de spectraallijn van de draaggolf verschijnen, en des te groter dus de zwaai Δf wordt. Onder de modulatie-index M verstaat men de verhouding:

$$\frac{\Delta f}{fm}$$

De grootte van de opgewekte zwaai is dus evenredig met de amplitude van het LF-signaal.

Deze zwaai hangt echter ook van de modulatiefrequentie f_m af. Bij hoger wordende modulatiefrequentie f_m, wordt ook de afstand tussen f_c en $\pm f_m$, $\pm 2f_m$, $\pm 3f_m$ enz. groter.

De amplitude en de frequentie van het modulatiesignaal bepalen dus samen de zwaai van een frequentiegemoduleerd signaal. Het is zinvol dat deze zwaai wettelijk begrensd wordt, omdat anders een zender met zijn te breed frequentiespectrum in nabuurkanalen storingen zou kunnen veroorzaken.

De samenhang tussen de spectraallijnen van een frequentiegemoduleerd signaal, de relatieve amplituden enz., kan theoretisch geanalyseerd worden.

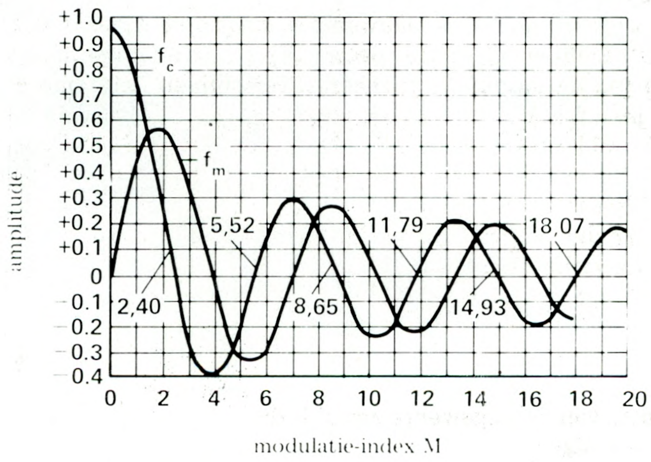
Tabel 2 is het resultaat van een dergelijke analyse. De tabel laat zien, dat de amplitude van de draaggolf bij een modulatie-index van M = 0,2 ten opzichte van het ongemoduleerde signaal (M = 0) met 1% gereduceerd is en dat de amplitude van de spectraallijn 1 x f_m 9,95% van de amplitude van het ongemoduleerde signaal bedraagt.

Andere spectraallijnen, b.v. 2 x f_m en 3 x f_m, zijn op de grond van de kleine modulatie-index nog niet aanwezig. Geheel anders is de situa-

tie bij een modulatie-index van M = 2. Hier is de amplitude tot 22,39% verkleind. Naast 1 x f_m (57,67%) zijn de spectraallijnen 2 x f_m (35,28%), 3 x f_m (12,89%) en 4 x f_m (3,41%) aanwezig.

Bij een modulatie-index van M = 10 is zelfs de spectraallijn 14 x f_m in het modulatiespectrum aanwezig.

Het minus teken (—) in de tabel betekent, dat dit signaal 180° in fase is gedraaid.



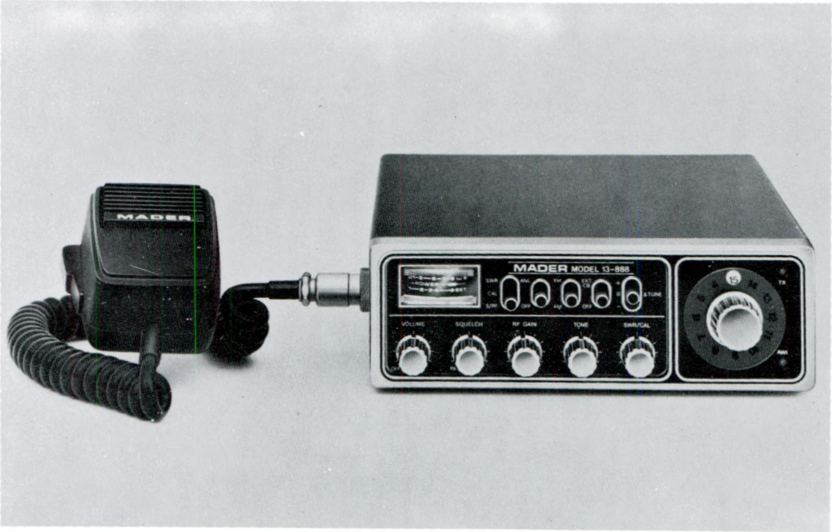
Afb. 48: Samenhang tussen de modulatie-index M en de amplitude van f_c en f_m van een FM-signaal

Afbeelding 48 toont de samenhang tussen de modulatie-index M, de amplitude van de draaggolf en het modulatiesignaal. Hieruit blijkt, dat zowel de amplitude van de draaggolf als ook van het modulatiesignaal meerdere malen door de nullijn gaan en in fase omdraaien.

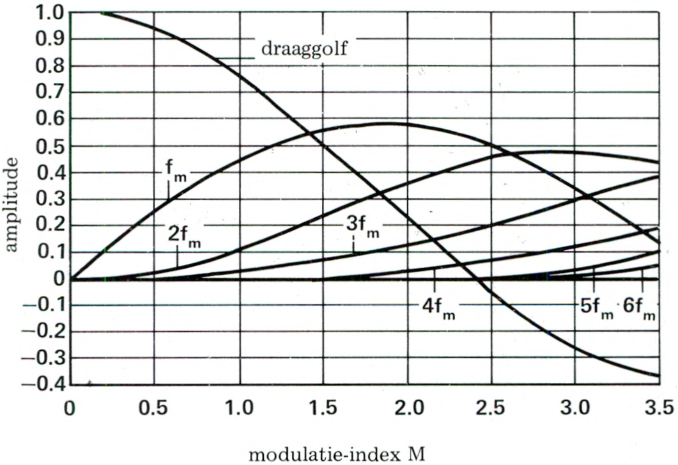
Laat men de modulatie-index continu toenemen, dan kan men op het beeldscherm van de spectrumanalyser vaststellen, dat zowel de amplitude van de draaggolf, als ook de amplituden van de overige spectraallijnen gestadig toe- en afnemen.

Afbeelding 50 toont een fragment uit afbeelding 48 voor modulatie-indexwaarden tot 3,5 en de amplituden tot 6 x f_m. Met behulp van dit diagram kan het spectrum van een frequentiegemoduleerd signaal goed gereconstrueerd worden.

Voorbeeld:
Stel dat de modulatie-index van een frequentiegemoduleerd signaal



Afb. 49: Voorbeeld van een FM mobiele post



Afb. 50: Samenhang tussen modulatie-index M en de amplitude van f_c en f_m voor modulatie-index waarden tot 3,5

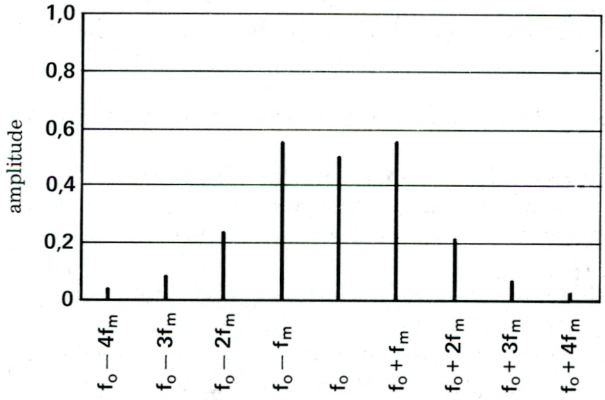
M = 1,5 is. Hoe ziet het toe behorende spectrum eruit?

Oplossing:
Uit afbeelding 50 kunnen we de volgende waarden halen:

f_c	=	50%
$1 \times f_m$	=	55%
$2 \times f_m$	=	23%
$3 \times f_m$	=	7%
$4 \times f_m$	=	1%

van de ongemoduleerde draaggolf.

Het overeenkomende spectrum wordt in afbeelding 51 aanschouwelijk gemaakt.



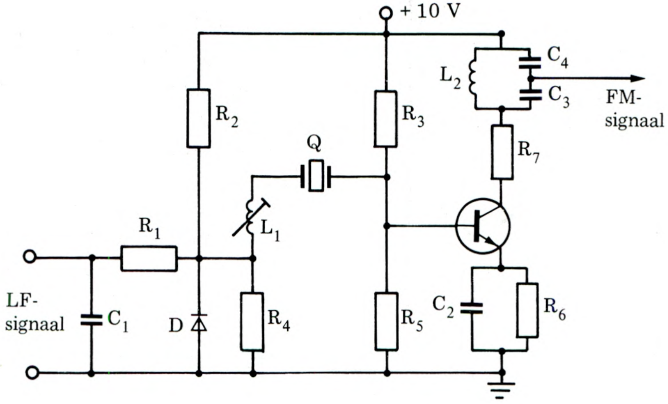
Afb. 51: Frequentiespectrum van een FM-signaal met een modulatie-index van M = 1,5

2.2.4.2 De FM-modulator

De functie van de FM-modulator bestaat uit het beïnvloeden van de draaggolffrequentie van een oscillator in het ritme van het LF-signaal.

Deze opgave werd vroeger door de zg. reactantie-buizen, die parallel aan de resonantiekring van een oscillator stonden, vervuld. Door de ontwikkeling van de halfgeleidertechniek is deze functie overgenomen door halfgeleiders, zoals b.v. transistoren en varicaps.

Het principeschema van een FM-modulator waarin een varicap is toegepast is in afbeelding 52 weergegeven.



Afb. 52: Principeschema van een FM-modulator met varicap D

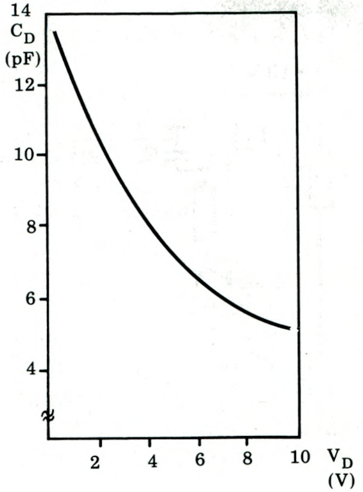
Varicaps zijn halfgeleiders, waarvan zoals bekend, de capaciteit afhankelijk is van de spanning die erover staat. Afbeelding 53 toont het typische verloop van de capaciteit C_D als functie van de opgelegde spanning V_D.

Wordt dus bij een dergelijke diode de spanning tussen 2 en 7 V gevarieerd, dan varieert de capaciteit van de diode tussen 6 en 11 pF. Met deze diode is het dus mogelijk, als zij aan een oscillator aangesloten wordt, een frequentiemodulatie op te wekken.

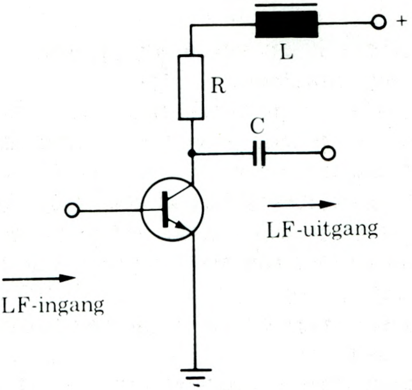
In het voorbeeld van afbeelding 52 staat de diode in serie met het kristal Q en de spoel L_1, die in ongemoduleerde toestand de capaciteit van de diode compenseert.

De spoel L_1 is zelfs af te stemmen en maakt het daarom mogelijk de uitgangspositie wat betreft de kristalfrequentie in te stellen. De met zo'n schakeling opgewekte frequentiezwaai hangt enerzijds af van de aan de varicap opgelegde LF-spanning en anderzijds van de verhouding tussen de dynamische capaciteit van het kristal en de capaciteit van de varicap.

Het LF-signaal, dat nodig is voor aansturing van de varicap, wordt in de regel door een LF-versterker geleverd. Gewoonlijk worden LF-versterkers die uit twee trappen bestaan toegepast, om het door de microfoon geleverde LF-signaal zo te versterken, dat het voor de aan-



Afb. 53: Typisch verloop van de capaciteit C_D van een varicap, afkankelijk van de aangelegde spanning V_D



Afb. 54: Principeschema van Pre-emphasis

sturing van een varicap geschikt is. In dergelijke LF-versterkers is vaak een begrenzerschakeling opgenomen die ervoor zorgt, dat de opgewekte zwaai een bepaalde waarde niet overschrijdt, zodat nabuurkanalen niet gestoord zullen worden.

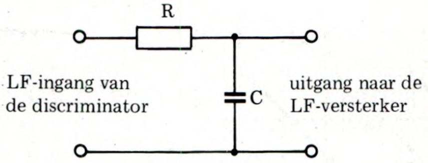
Begrenzerschakelingen veroorzaken in de regel harmonischen, zodat bovendien een laagdoorlaatfilter noodzakelijk wordt, die de harmonischen onderdrukt.

Voor de ruisonderdrukking wordt verder een zogenaamde „Pre-emphasis schakeling" toegepast, die er voor zorgt dat de lagere frequenties van het LF-signaal proportioneel gedempt worden. Hiermee wordt een nagenoeg konstante energieverdeling bereikt. Afbeelding 54 geeft een dergelijke schakeling weer.

Aan de ontvangstzijde moet deze demping door toepassing van een zogenaamde „De-emphasis schakeling weer gecompenseerd worden (vgl. afb. 55).

2.2.5 Voordelen van FM-systemen

Het gestadig toenemende aantal FM-systemen is zonder twijfel het gevolg van de voordelen die dergelijke systemen ten opzichte van ander modulatiemethoden hebben.



Afb. 55: Principeschema van De-emphasis

Enkele van deze voordelen zijn:

1. Het benodigde vermogen voor de modulator en daarmee samenhangend het gewicht en volume zijn veel kleiner dan bij AM-systemen.
2. Atmosferische invloeden en andere storingen die bij AM-systemen in de regel stoorsignalen tengevolge hebben, hebben geen invloed op FM-systemen, omdat zij door eenvoudige begrenzertrappen onderdrukt kunnen worden.
3. In de eindtrappen van de zender treden geen piekspanningen op, wat vooral voor transistoren van belang is.
4. FM-modulatie kan bij elke zendertrap, van oscillator tot eindtrap, plaatsvinden.

2.2.5.1 Verbetering van de signaal/ruis-verhouding bij FM-systemen

Het belangrijkste voordeel van FM-systemen tegenover AM-systemen is de grotere signaal/ruis-verhouding aan de uitgang van een FM-ontvanger ten opzichte van de signaal/ruis-verhouding aan de uitgang van een AM-ontvanger.

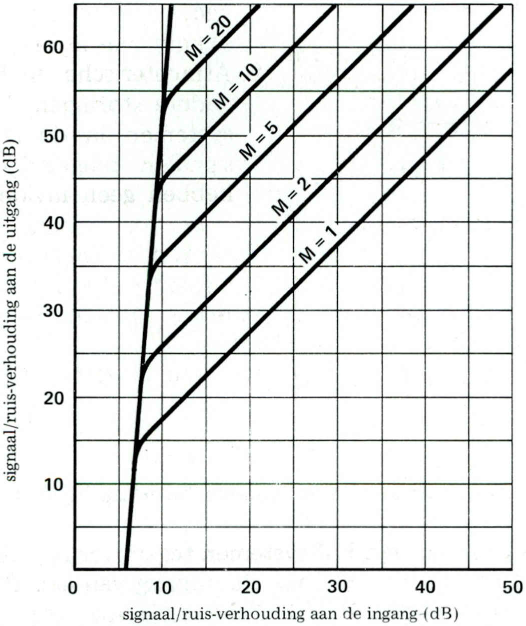
Bedraagt de signaal/ruis-verhouding (S/R) aan de ingang van een FM-ontvanger 10 dB, dan is de S/R-verhouding aan de uitgang van de ontvanger niet slechter (zoals bij AM het geval is), maar beter dan 10 dB.

De kwaliteit van muziek of spraak nu is als eindprodukt van de overdracht afhankelijk van de S/R-verhouding aan de uitgang van een ontvanger. In hoofdstuk 2.2 hebben we gezien, dat bij 100% AM-modulatie de helft van het draaggolfvermogen gelijkmatig over de beide zijbanden verdeeld is.

Voor het terugwinnen van de overgedragen informatie (b.v. spraak of muziek) had men uiteindelijk slechts één van de zijbanden nodig. De energie die zowel in de draaggolf als in de tweede zijband aanwezig is, ging dus verloren.

Wordt, zoals altijd het geval is, het signaal S aan de ingang van een AM-ontvanger uit het totaal uitgestraalde vermogen berekend, dan

moet men om deze reden al 6 dB (vermogensverhouding 1 : 4) aftrekken in de berekening van de S/R-verhouding aan de uitgang.



Afb. 56: Verband tussen $(S/R)_{ingang}$ en $(S/R)_{uitgang}$

Geheel anders is de situatie bij FM-ontvangers. Hier is de verhouding (S/R)uitgang t.o.v. (S/R)ingang altijd groter dan 1, vooropgesteld dat (S/R)ingang boven een bepaalde drempelwaarde (ongeveer 7 dB) ligt (vgl. afb. 56).

2.2.6 De zender en zijn eigenschappen

De kwaliteit van een zender en het feit of hij geschikt is voor bepaalde opgaven, kan uit zijn eigenschappen (specificaties) afgeleid worden.

De belangrijkste specificaties van een zender zijn:

Afb. 57: Voorbeeld van een FM vaste post

2.2.6.1 Uitgangsvermogen

Het uitgangsvermogen is één van de meest karakteristieke eigenschappen van een zender.

Zij geeft aan, welk HF-vermogen de zender aan de antenne levert. Zij kan afhankelijk van de grootte gegeven worden in milliwatt (mW), watt (W) of kilowatt (kW).

2.2.6.2 Uitgangsimpedantie

Voor de aanpassing tussen de zender en de antenne die gebruikt wordt, moet de uitgangsimpedantie van de zender bekend zijn. Zij is bij CB-apparatuur altijd 50 ohm en in prospectussen ook aangegeven.

2.2.6.3 Bedrijfsfrequentie/frequentiestabiliteit

Net zoals het uitgangsvermogen, is ook de bedrijfsfrequentie van het grootste belang voor de beoordeling van een zender. Afhankelijk van het bereik wordt zij gegeven in kHz, MHz of GHz. Bij de bedrijfsfrequentie wordt altijd de frequentiestabiliteit vermeld.

De stabiliteit wordt altijd in relatieve getallen uitgedrukt. Zo betekent b.v.

— Bedrijfsfrequentie 28,1 MHz
— Frequentiestabiliteit $\pm 5 \times 10^{-5}$,

dat de zendfrequentie weliswaar gemiddeld 28,1 MHz bedraagt, maar dat deze met een bedrag $\pm 28{,}1 \times 5 \times 10^{-5} = \pm 1405$ Hz van de gespecificeerde waarde kan afwijken.

De bij CB-apparatuur verlangde frequentiestabiliteit bedraagt 0,0005; d.w.z. 5×10^{-4}. Hieraan kan bij toepassing van gebruikelijke kristallen zonder speciale voorzorgsmaatregelen (temperatuurregelingen e.d.) voldaan worden.

2.2.6.4 Harmonischen

Onder harmonischen verstaat men stoorsignalen, die een zender naast zijn eigenlijke signaal uitzendt.

Met het begrip harmonischen worden niet alleen de even harmonischen van de toegepaste oscillatoren, frequentievermenigvuldigers enz, bedoeld, maar ook ongewenste modulatiesignalen die buiten het vastgelegde modulatiespectrum liggen.

Een belangrijk begrip in de CB-techniek is het nevenkanaalvermogen, dat ook onder het hoofdstukje harmonischen valt.

Hierbij gaat het om het vermogen, dat de zender in de nabuurkanalen uitstraalt.

Wordt b.v. in kanaal 8 uitgezonden, dan worden hierdoor de nabuurkanalen 7 en 9 getroffen enz.

2.2.6.5 Modulatiefrequentie

De specificatie „modulatiefrequentie" vertelt iets over het frequentiebereik waarmee de betreffende zender gemoduleerd kan worden. De modulatie-gevoeligheid op haar beurt zegt iets over de spanning of het vermogen, dat nodig is om de zender te kunnen moduleren.

2.2.6.6 Soorten modulatie/modulatie eigenschappen

Tot de wezenlijk karakteristieke eigenschappen van een zender moeten niet als laatste de modulatiesoorten als b.v. AM, FM, PM enz. gerekend worden.

Voor het beoordelen van een zender is deze kennis over zijn algemene modulatie-eigenschappen van doorslaggevende betekenis. Een van de belangrijke eigenschappen is b.v. de lineariteit van de modulator, die bepalend is voor de vervorming van het modulatiesignaal (in de CB-techniek is dat spraak).

Natuurlijk zijn de vervormingen in het totale overdrachtsysteem daarnaast ook afhankelijk van de lineariteit van de toegepaste ontvanger.

2.2.6.7 Rendement

Het rendement van een zender is de verhouding tussen het afgegeven- en opgenomen vermogen.

Het rendement is in het bijzonder zeer belangrijk voor zenders die vanuit batterijen worden gevoed, aangezien hiervan de bedrijfskosten afhangen.

2.2.6.8 Bedrijfsspanning/opgenomen stroom

De specificaties voor bedrijfsspanning en opgenomen stroom zijn voor een zender, net zoals bij ieder ander elektrisch apparaat, onmisbaar, aangezien hieruit de noodzakelijke informatie voor het bepalen van het type stroombron, zoals batterijen, accu's of andere bronnen, blijkt.

2.2.6.9 Bedrijfstemperatuur

De waarde van de gespecificeerde bedrijfstemperatuur geeft aan binnen welke temperatuurgrenzen de apparatuur goed blijft functioneren.

2.2.6.10 Gewicht/afmetingen

Voor transport- en montage doeleinden worden gewicht en afmetingen van de apparatuur gespecificeerd.

2.3 De ontvanger

Het experimenteel bewijzen van het bestaan van elektromagnetische golven zou niet gelukt zijn, als Hertz destijds naast de zender ook geen ontvanger ontwikkeld had.

Ook deze ontvanger, die slechts uit een spoel met twee kogels bestaat (afb. 58) is heden ten dage in het „Deutsches Museum" in München te zien. Zodra deze eenvoudige ontvanger door elektromagnetische golven aangesproken wordt, ontstaat tussen de beide kogels een vonk.

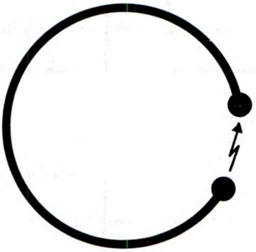
Dit bescheiden effect was voor Hertz voldoende om het bewijs te leveren.

In de tijd die daarop volgde beleefde de ontvangertechniek een stormachtige ontwikkeling.

Elkaar snel opvolgend werden achtereenvolgens de eenvoudige detectorontvanger, de audionontvanger en tenslotte de superhet-ontvanger uitgevonden. De laatste vormt nog altijd de kroon op de ontvangertechniek.

De eenvoudigste detector-ontvanger bestaat uit een antenne, een resonantiekring, een detector (diode) en een hoofdtelefoon (afb. 59).

Het door de antenne opgevangen HF-signaal wordt naar de parallel-resonantiekring LC gebracht, door de detector gelijkgericht en voedt aansluitend de hoofdtelefoon. Tussen de eenvoudige detector-ontvanger en de moderne superhet-ontvanger in, heeft de relatief eenvoudige audionontvanger opgang gevonden.

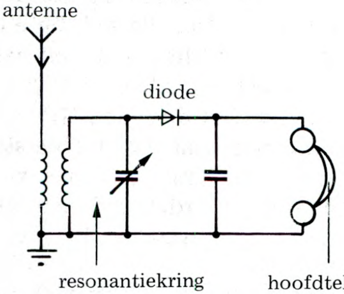


Afb. 58: **De eerste ontvanger van Heinrich Hertz**

Deze versterkt en demoduleert het ontvangen HF-signaal zonder enige tussenliggende frequentie-omzetting en is daarom ook beter bekend onder de naam „rechtuit“ ontvanger.

In tegenstelling tot de eenvoudige rechtuitontvanger wordt bij de superhetontvanger het ontvangen HF-signaal samen met een van een oscillator afkomstig HF-signaal (met variabele frequentie) direct, of na versterking door een z.g. HF-voorversterker, in een mengtrap, omgezet in een vaste middenfrequentie (MF). Dit principe levert vele voordelen op.

Vanaf het middenfrequentgedeelte is de ontvanger nog maar op één frequentie, de middenfrequentie, afgestemd waardoor men geen afstembare resonantiekringen meer nodig heeft zoals bij de HF-voorversterker en de variabele oscillator wel het geval is.

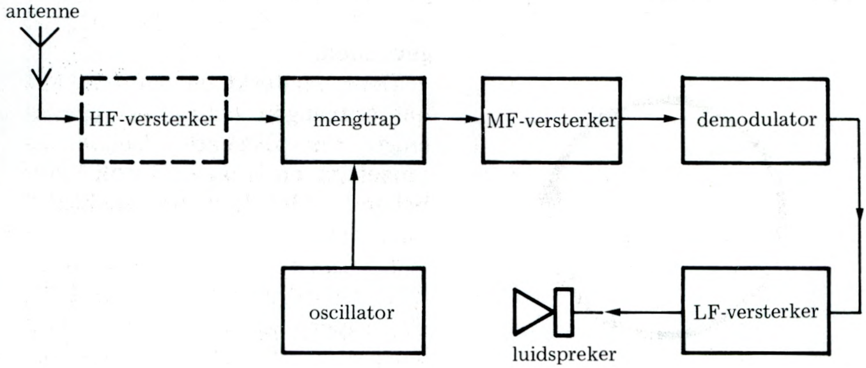


Afb. 59: **Eenvoudige detector-ontvanger**

Verder ligt de middenfrequentie in een lager frequentiebereik als de ontvangstfrequentie en kan daardoor eenvoudiger versterkt worden. Afbeelding 60 geeft het principeschema van een superhetontvanger weer.

Hij bestaat uit een HF-versterker (die bij eenvoudige superhetontvangers ook ontbreken kan), een mengtrap, een oscillator, een MF-versterker (die op zich uit één of meerdere trappen kan bestaan), een demodulator,

een LF-versterker (die eveneens uit meerdere trappen kan bestaan) en een luidspreker of hoofdtelefoon.



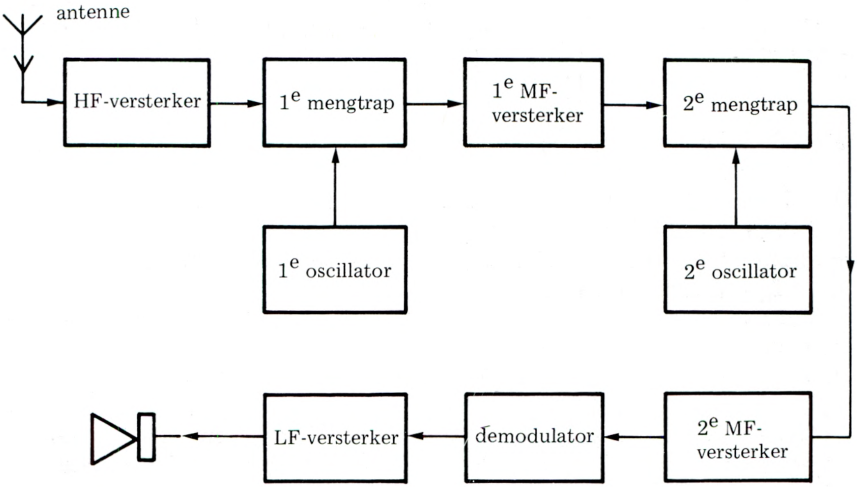
Afb. 60: Principeschema van een superhet-ontvanger

In superhetontvangers, waaraan hogere eisen gesteld mogen worden, wordt het principe van dubbele frequentieomzetting toegepast.

Daarbij wordt in de eerste mengtrap een middenfrequentie gevormd, die hoger is dan de normaal gebruikte middenfrequentie van 460 kHz (meestal tussen de 2 en 6,5 MHz). Hierdoor wordt een betere spiegelfrequentieselektiviteit bereikt. De tweede middenfrequentietrap mengt naar een lagere middenfrequentie, die een betere versterking van het verkregen signaal toelaat. Afbeelding 61 toont het principeschema van een dubbel-superhetontvanger.

Het door de antenne ontvangen HF-signaal wordt door een HF-versterker versterkt en samen met het oscillatorsignaal aan de eerste mengtrap toegevoerd. Aan de uitgang van deze trap ontstaat het signaal met de eerste middenfrequentie, dat, voordat het aan de tweede mengtrap toegevoerd wordt, door een MF-versterker wordt versterkt.

In deze tweede mengtrap ontstaat met behulp van het signaal uit de tweede oscillator, het tweede MF-signaal, dat, versterkt door de tweede MF-versterker, aan de demodulator toegevoerd wordt. Het gedemoduleerde signaal tenslotte wordt door een LF-versterker versterkt voor het aan de luidspreker toegevoerd wordt.



Afb. 61: Principeschema van een dubbelsuperhet-ontvanger

2.3.1 De AM-ontvanger

De in het voorgaande besproken ontvangertypen behoren tot de groep AM-ontvangers, als hun demodulator (ook „detector" genoemd) geschikt is om amplitudegemoduleerde signalen te demoduleren, d.w.z. het LF-signaal van het HF-signaal te scheiden. Voor dit doel zijn eenvoudige dioden, zoals de diode in afbeelding 59, geschikt.

Aan de hand van afbeelding 61, die een tegenwoordig gebruikelijk ontvangertype voorstelt, zullen we hieronder op de afzonderlijke trappen van een AM-ontvanger nader ingaan.

2.3.1.1 De HF-versterker

Het HF-signaal dat van de antenne van een ontvanger afkomstig is, is altijd een zwak signaal dat eerst versterkt moet worden, voordat het aan de mengtrap toegevoerd kan worden.

De HF-versterker (vaak ook HF-voorversterker genoemd) heeft als opgave het ontvangen zwakke HF-signaal te versterken. HF-versterkers in ontvangers onderscheiden zich van HF-versterkers in zenders, zoals wij die in hoofdstuk 2.2.2.3 hebben leren kennen, alleen door het feit

dat de door hen te verwerken signalen vele malen zwakker zijn.

Het is daarom niet zinvol om hier opnieuw hun werkwijze te beschrijven.

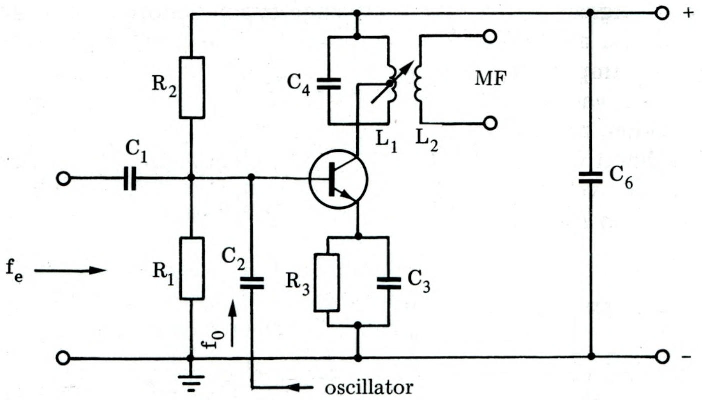
2.3.1.2 De mengtrap

Het belangrijkste van een superhetontvanger is het mengprincipe, waardoor uit de twee signalen met de frequenties f_e (ontvangstfrequentie) en f_o (oscillatorfrequentie) het middenfrequentsignaal met $MF = f_o - f_e$ verkregen wordt.

Voor deze menging wordt het niet lineaire gedeelte van de karakteristieken van halfgeleiders resp. buizen gebruikt, waarbij twee methoden, n.l. de additieve en de multiplikatieve menging, gebruikelijk zijn.

Bij additieve menging worden de beide te mengen signalen aan dezelfde ingang (b.v. bij transistoren de basis en bij buizen het rooster) toegevoerd.

Bij multiplikatieve menging worden de te mengen signalen aan verschillende ingangen (b.v. bij transistoren aan de basis en aan de emitter, bij buizen aan het rooster en aan de kathode) toegevoerd.

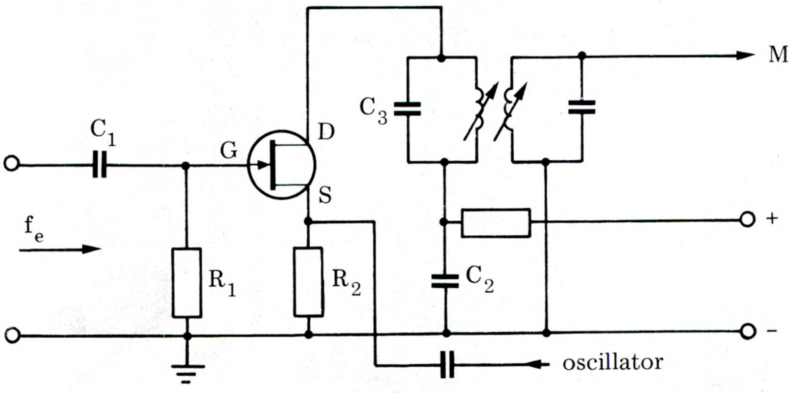


Afb. 62: Principeschema van een additieve menging met een transistor

De voor de menging noodzakelijke oscillatorfrequentie kan zowel door een aparte oscillator als door de mengtrap zelf opgewekt worden, waarbij in het laatste geval de mengtrap natuurlijk ook de funktie van

de oscillator overneemt. Een wezenlijk kenmerk van de mengtrap is zijn rendement. Het rendement is de verhouding tussen het vermogen van het MF-signaal en het vermogen van het ingangssignaal.

Het is begrijpelijk dat altijd een zo groot mogelijk rendement wordt nagestreefd. Dit geldt in het bijzonder, wanneer de mengtrap tegelijk ook de eerste trap van de superhetontvanger is, zodat het ontvangen signaal, zonder versterking door een HF-versterker, direkt aan de mengtrap toegevoerd wordt.



Afb. 63: Principeschema van een multiplikatieve mengtrap met een FET

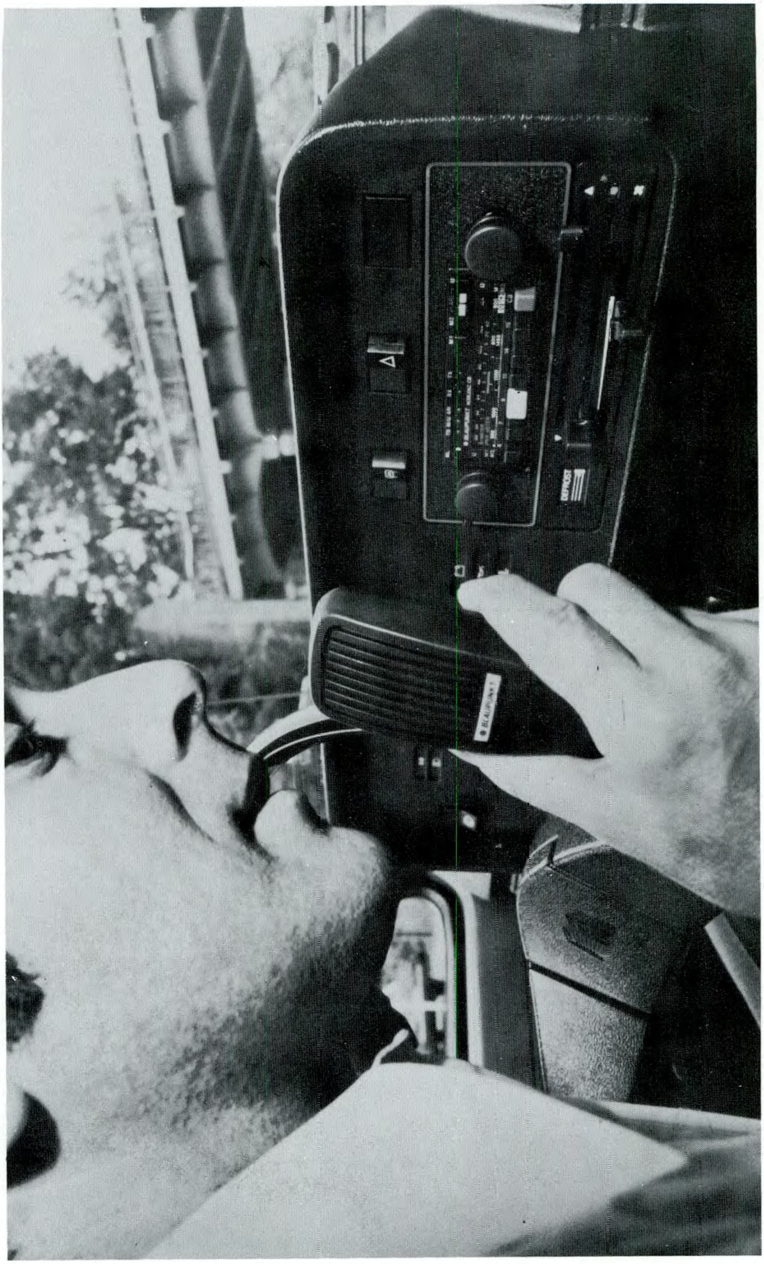
Het principeschema van een additieve mengtrap wordt in afbeelding 62 weergegeven.

Hierin wordt het oscillatorsignaal samen met het ontvangen signaal aan de basis toegevoerd. De spanningsdeler R_1/R_2 bepaalt zoals in de gebruikelijke transistorschakelingen het werkpunt van de toegepaste transistor.

De verbinding met het midden van de spoel van de parallelresonantiekring dient voor de aanpassing tussen de uitgangsimpedantie van de transistor en de resonantiekring. Het MF-signaal wordt induktief via de spoel L_2 afgenomen.

Veldeffect-transistoren zijn beter dan de normale transistoren geschikt voor mengtrappen op grond van hun gunstige eigenschappen voor het opwekken van mengprodukten, hun grotere ongevoeligheid voor kruismodulatie en hun mogelijkheid om grotere ingangssignalen te verwerken.

Afbeelding 63 toont een multiplikatieve mengtrap met een veldeffect-transistor (FET).



Afb. 64: Combinatie van een autoradio en een CB-apparaat

2.3.1.3 De MF-versterker

Zoals we reeds gezien hebben, volgt op de mengtrap van een superhetontvanger de MF-versterker.

Hij kan uit één of meerdere trappen bestaan en opgebouwd zijn met zowel buizen als transistoren. Zijn opgave is het versterken van het door de mengtrap opgewekte MF-signaal, voordat het aan de detectortrap voor demodulatie wordt aangeboden.

Hoe lager de middenfrequentie gekozen wordt, hoe kleiner het verschil tussen de ontvangen frequentie f_e en de oscillatorfrequentie f_o wordt en des te meer wordt de oscillatortrap door het ontvangen signaal beïnvloed.

Dit werkt weer in op de stabiliteit van de totale ontvanger. Vanuit dit oogpunt beschouwd is een lage middenfrequentie dus niet te prefereren. Hetzelfde geldt vanuit het oogpunt van de spiegelfrequentieselektiviteit.

De spiegelfrequentie bedraagt f_o + 2xMF. Hoe lager de middenfrequentie wordt gekozen, hoe kleiner dus ook het verschil tussen de ontvangen frequentie f_e en de spiegelfrequentie wordt en des te slechter wordt hiermee de spiegelfrequentie-selektiviteit van de betreffende ontvanger.

Hoge middenfrequenties zijn dus een voorwaarde voor goede spiegelfrequentie-selektiviteit en frequentiestabiliteit. Lage middenfrequenties hebben echter ook bepaalde voordelen, zodat de keuze van een middenfrequentie altijd een compromis voorstelt. De belangrijkste voordelen van lage middenfrequenties zijn de grote selektiviteit en versterking.

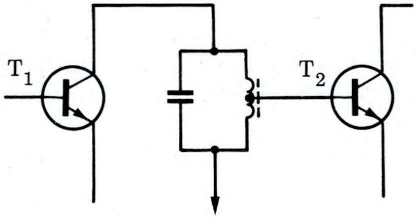
Omroepontvangers hebben middenfrequenties van 460 kHz voor het lange-, midden- en kortegolfbereik en van 10,7 MHz voor het FM-bereik. Amateurontvangers tot 14 MHz gebruiken ook middenfrequenties in de grootte orde van 460 kHz. Voor de bereiken 14, 21 en 28 MHz zijn middenfrequenties van 5 tot 10 MHz te prefereren.

In de CB-techniek worden 6,5 MHz als eerste en 455 kHz als tweede middenfrequentie gebruikt. MF-versterkers zijn selektieve versterkers, die alleen het signaal met de bepaalde middenfrequentie en zijn zijbanden doorlaten.

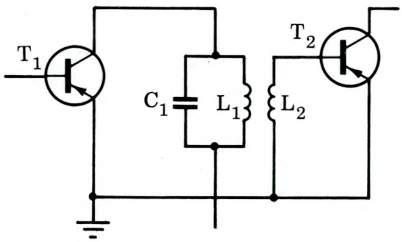
Signalen buiten dit frequentiespectrum worden onderdrukt, zodat o.a. de ruisafstand van de ontvanger vergroot wordt.

Klassieke filtermethoden zijn LC-filters, die zowel als enkelvoudige maar ook als gekoppelde parallelresonantiekringen toepassing vinden.

Dit filtertype biedt de mogelijkheid, door aftakking in de spoel of door capacitieve delers, aanpassing tussen de afzonderlijke transistor-



Afb. 65: Principeschema van een parallelresonantiekring als MF-filter. De wijze van aftakken is voor de aanpassing tussen collector (hoge uitgangsimpedantie) en basis (lage ingangsimpedantie).



Afb. 66: Aanpassing door inductieve koppeling

trappen te verkrijgen. Zo kan b.v. door een juiste aftakking de hoge uitgangsimpedantie van een transistortrap zonder moeite naar de lage ingangsimpedantie van de volgende transistortrap getransformeerd worden (vgl. afb. 65).

Het principe van aanpassing door induktieve koppeling wordt in afbeelding 66 weergegeven.

Afbeelding 67 toont het principe van aanpassing door een capacitieve deler. Het schema van afbeelding 68 tenslotte stelt een MF-trap, zoals toegepast in de CB-techniek, voor.

Het gaat hier om de laatste MF-trap van een uit drie trappen bestaande MF-versterker.

Aan de uitgang van deze trap staat het versterkte MF-signaal, dat zowel toegevoerd wordt aan de detectortrap als aan de altijd aanwezige AGC-trap (AGC = Automatic Gain Control).

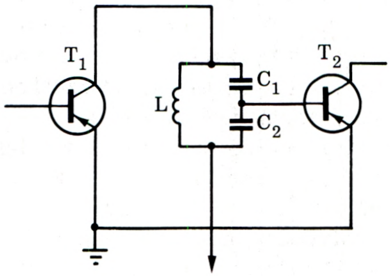
2.3.1.4 De detectortrap

Het verkrijgen van het modulatiesignaal uit het gemoduleerde HF-signaal wordt detectie of demodulatie genoemd.

Gaat het hierbij om amplitudegemoduleerde signalen dan komt de demodulatie neer op het gelijkrichten van het HF-signaal.

Dioden, transistoren en buizen kunnen dienst doen als detector. In de CB-techniek overheersen de dioden. Het principeschema van een detector wordt in afbeelding 69 getoond.

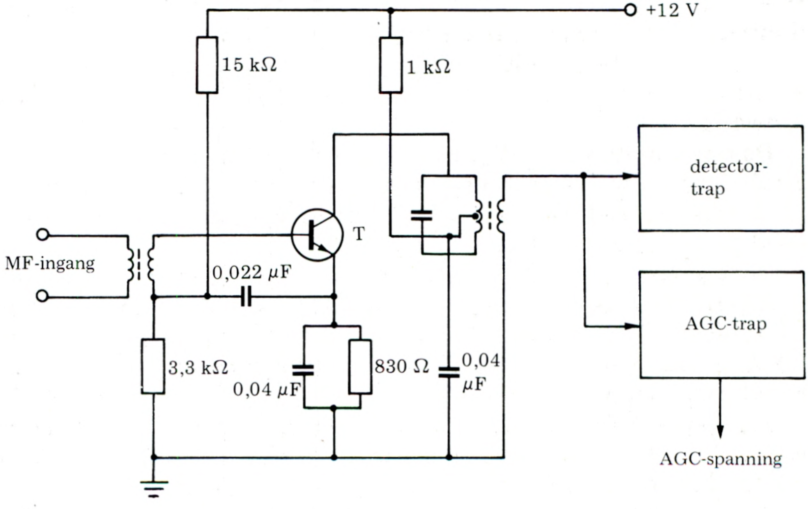
Als in deze schakeling aan de spoel L_1 een amplitudegemoduleerd signaal toegevoerd wordt (vlgs. afb. 70A), ontstaat, op grond van de gelijkrichtende werking van de diode D, in de parallel-resonantiekring



Afb. 67: Aanpassing door een capacitieve deler

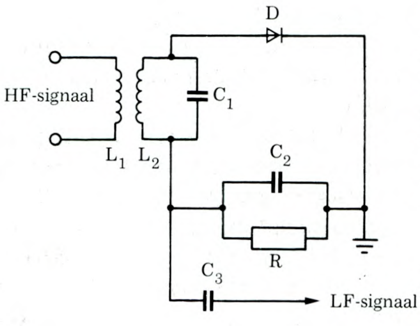
L_2C_1 een gelijkgericht HF-signaal (vlgs. afb. 70B). Door de werking van de condensator C_2 staat over de weerstand R de gedemoduleerde spanning, of met andere woorden: het LF-signaal (vlgs. afb. 70C).

Dit signaal is een wisselspanning, die, doordat één kant van de weerstand geaard is, tussen 0 en een bepaald niveau varieert. Uiteindelijk ontstaat na de condensator C_3 het zwevende LF-signaal (afb. 70D), dat de LF-versterker voedt.



Afb. 68: MF-trap, zoals in een CB-apparaat toegepast wordt

Inplaats van dioden kunnen, zoals gezegd, ook transistoren gebruikt worden, waarbij, naast de demodulatie, ook een versterking van het LF-signaal en een signaal voor de versterkingsregeling verkre-



Afb. 69: Principeschema van een AM-detector

gen kan worden.

Eén trap kan zo tegelijkertijd meerdere functies vervullen. Afbeelding 71 toont de overeenkomende schakeling. Voor de demodulatie van het amplitudegemoduleerde signaal zorgt de basis-emitter overgang, die, zoals bekend, als een diode voorgesteld kan worden.

Hiervoor moet de transistorschakeling zo gedimensioneerd worden, dat de transistor in klasse B instelling met een geringe emitterstroom van ongeveer 50 mA werkt. Verder moet men een transistor toepassen met een afsnijdfrequentie die ver boven de werkfrequentie ligt, om een grote doorlaat/sper-verhouding te verkrijgen.

Het door de basis-emitter diode gedemoduleerde signaal wordt vervolgens versterkt, zodat in de collectorkring een versterkt LF-signaal aanwezig is.

De condensatoren C_2/C_3, alswel de spoel met een inductiviteit van 1 mH zorgen voor de „filtering" van het gelijkgerichte HF-signaal.

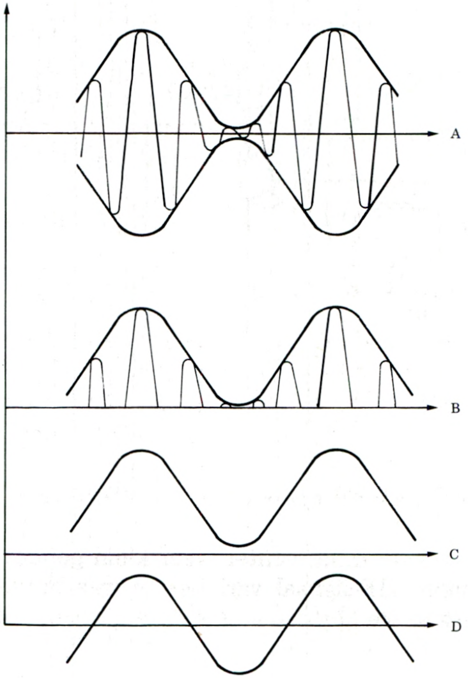
Zij zijn zo gedimensioneerd, dat de toegepaste middenfrequentie goed gefilterd kan worden.

Het signaal voor de niveauregeling is op de punkten a en b aanwezig.

Het wordt gebruikt voor de versterkingsregeling van de voorafgaande trappen. Punt a levert de positieve, punt b de negatieve waarde t.o.v. massa, zodat naar behoefte het ene of het andere signaal teruggevoerd kan worden.

Een versterkingsregeling is noodzakelijk omdat het ontvangen HF-signaal door de steeds wisselende condities voor de elektromagnetische golven varieert. Als geen voorzorgsmaatregelen getroffen zouden worden, om deze variaties te compenseren, zou hierdoor een ongelijkmatig geluidsniveau aan de uitgang van de ontvanger ontstaan.

De compensatie wordt in de praktijk met behulp van een gelijkspanning, die aan één of meerdere voorafgaande trappen (HF- of MF-versterkers) als een voorspanning toegevoerd wordt, bereikt. Omdat deze spanning evenredig is met het ontvangen HF-signaal, varieert dus de instelspanning voor de voorafgaande trappen omgekeerd



Afb. 70: Signaalvormen in een AM-detectortrap

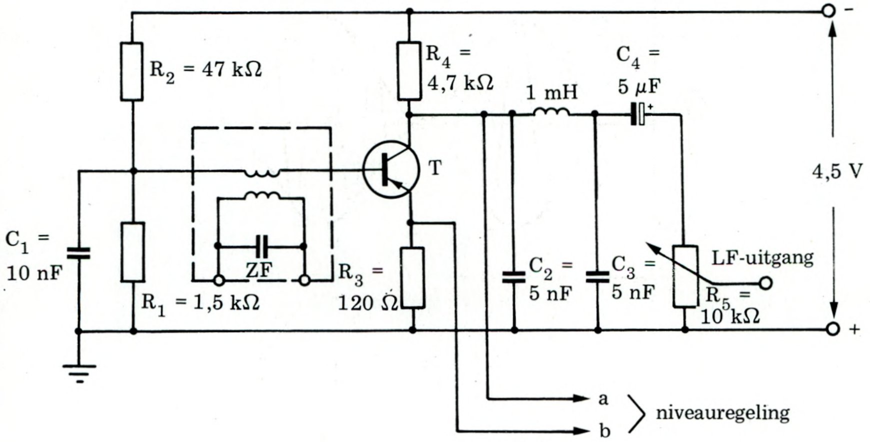
evenredig met het HF-signaal.

Het overeenkomende principeschema wordt in afbeelding 72 getoond. Hierin wordt de AGC-spanning als regelsignaal aan zowel de eerste en tweede MF-trap, alswel aan de HF-versterker toegevoerd.

Afbeelding 73 maakt het opwekken van de AGC-spanning bij een uit dioden bestaande detectortrap duidelijk.

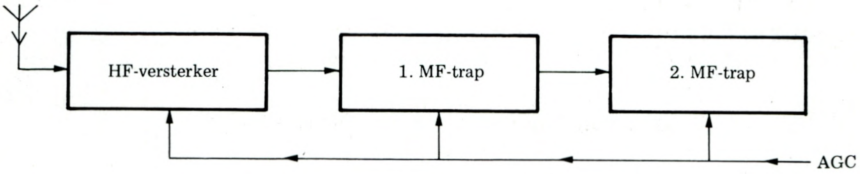
Onafhankelijk van de methode van opwekking van de AGC-spanning, moet aan de volgende voorwaarden voldaan worden: Enerzijds moet het niveau van de spanning zo gekozen worden dat zij als instelspanning voor de voorafgaande trappen geschikt is.

Anderzijds moet de tijdconstante van het regelsysteem zo groot zijn, dat variaties veroorzaakt door de modulatie niet beïnvloed wor-



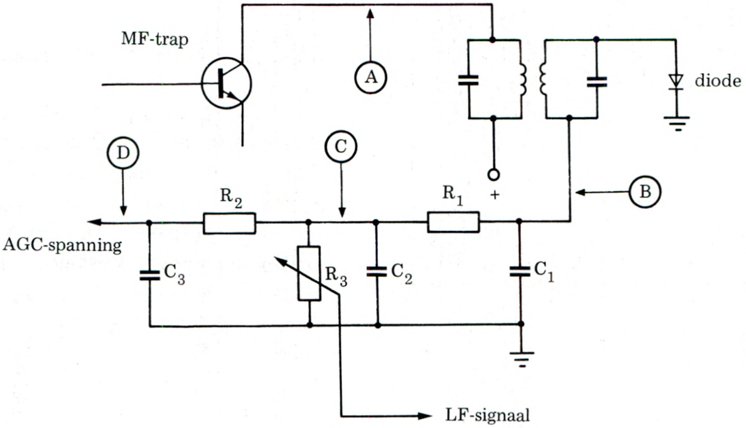
Afb. 71: AM-detectortrap, uitgevoerd met een transistor

den; de tijdconstante moet echter weer klein genoeg zijn om het uitregelen van snelle HF-signaal variaties te waarborgen. Ter verduidelijking beschouwen we nog eens het schema van afbeelding 73.



Afb. 72: Principeschema van een automatische versterkingsregeling

Op punt A staat het gemoduleerde HF-signaal (vgl. afb. 74A), op punt B het gelijkgerichte HF-signaal. Door de werking van het filter $R_1/C_1/C_2$ is op punt C het gefilterde LF-signaal aanwezig. Dit signaal varieert dus in het ritme van de modulatie. Het kan daarom als voeding voor de hieropvolgende LF-versterker gebruikt worden, maar niet als AGC-spanning. Deze AGC-spanning moet een gelijkspanning zijn, die niet in het ritme van de modulatie varieert, maar evenredig met het



Afb. 73: Principeschema van een AM-detector, gecombineerd met een schakeling voor het opwekken van de AGC-spanning

HF-signaal verandert.

Om dit te bereiken wordt het RC-netwerk R_2/C_3 met een grote tijdconstante (d.w.z. een hoge R- en C-waarde) ingezet. In dit geval is op punt D de signaalvorm van afbeelding 74 D aanwezig.

Het niveau van dit signaal is relatief stabiel. Het verandert alleen als het HF-signaal aan de ingang van de ontvanger verandert.

2.3.1.5 De LF-versterker

Het door de detectortrap opgewekte LF-signaal wordt met behulp van een LF-versterker versterkt en toegevoerd aan de luidspreker, resp. de hoofdtelefoon.

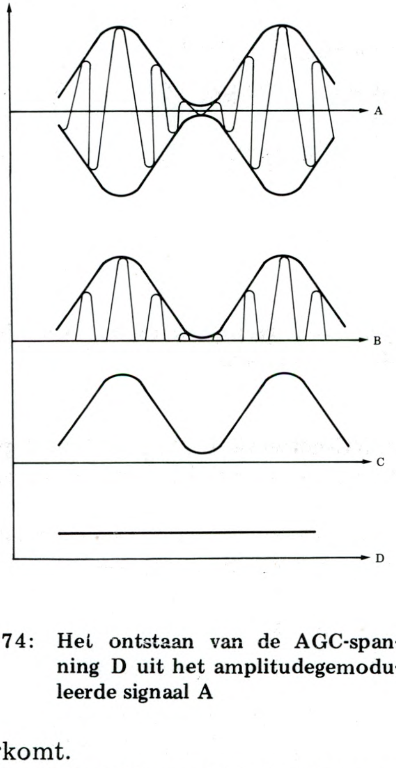
Deze LF-versterker is reeds in hoofdstuk 2.2.2.5 beschreven, zodat wij niet nog eens hierop hoeven in te gaan.

2.3.2 De SSB-ontvanger

De uiteenzetting in hoofdstuk 2.2.3 over de SSB-zender ging in op de

voordelen van de SSB-techniek in het algemeen en in het bijzonder betreffende het zendvermogen en de toename van het aantal kanalen bij toepassing in de CB-techniek.

Deze voordelen staan tegenover een relatief gecompliceerde techniek aan zend- zowel als ontvangstzijde.



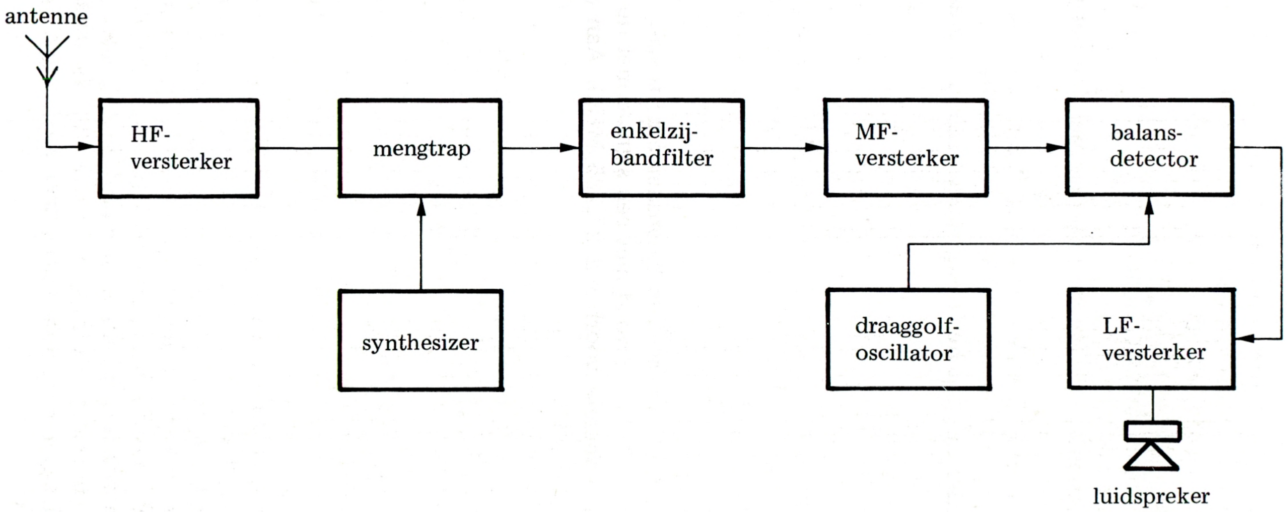
Afb. 74: **Het ontstaan van de AGC-spanning D uit het amplitudegemoduleerde signaal A**

De gecompliceerde opbouw van een SSB-zender is reeds in dit boek beschreven. Dezelfde technische eisen worden echter ook aan de SSB-ontvanger gesteld. De oorzaak hiervoor is terug te voeren op het feit dat in het SSB-signaal geen draaggolf aanwezig is. Deze moet in de ontvanger gereconstrueerd worden, zodat met een speciale demodulator het LF-signaal weer teruggewonnen kan worden. De stabiliteit van de toegepaste oscillator moet relatief hoog zijn om vervormingen te voorkomen.

Zoals bij de SSB-zender, kan ook bij de SSB-ontvanger voor het verkrijgen van het SSB-signaal de filter- of de fasemethode toegepast worden. Wij beperken ons in het volgende tot het beschrijven van de filtermethode, die in de CB-techniek het meest voorkomt.

Afbeelding 75 maakt het schema van een SSB-ontvanger aanschouwelijk. In dit blokschema is een HF-voorversterker aanwezig, die het door de antenne ontvangen signaal versterkt en aan een mengtrap toevoert. Deze mengtrap wordt tegelijkertijd door een synthesizer gevoed.

Aan de uitgang van deze mengtrap staat een SSB-signaal dat met behulp van het hieropvolgende enkelzijbandfilter „uitgezeefd“ wordt. Dit filter bepaalt de selektiviteit van de ontvanger. De MF-versterker versterkt het SSB-signaal en voert het naar een balansdetector, die



Afb. 75: Principeschema van een SSB-ontvanger

ook het draaggolf-signaal toegevoerd krijgt. Aan de uitgang van de detector is het LF-signaal aanwezig, dat met behulp van de hieropvolgende LF-versterker versterkt wordt. De luidspreker geeft uiteindelijk het overgedragen LF-signaal weer.

Deze werkingswijze kunnen we aan de hand van een rekenvoorbeeld verduidelijken:

Er wordt aangenomen dat we de hoge zijband van het CB-kanaal no. 15 willen ontvangen.

De frequentie van dit kanaal komt overeen met 27,135 MHz. Het ontvangen signaal ligt dus tussen 27,130 en 27,140 MHz.

We nemen verder aan dat het overgedragen signaal (spraak) tussen 300 Hz en 3 kHz ligt.

Het 27 MHz-signaal wordt eerst door de HF-versterker versterkt en komt dan op de ingang van de mengtrap. De synthesizer moet op de frequentie 19,3385 MHz ingesteld zijn. Wordt met een bandbreedte van 3 i.p.v. 2,7 KHz gewerkt (d.w.z. met een aangeboden signaal tussen 27,137 en 27,140 MHz), dan verschijnt aan de uitgang van de mengtrap o.a. het zijbandspectrum 7,7985 tot 7,8015 MHz, d.w.z. 7,8000 MHz ± 1,5 kHz.

Het op deze manier verkregen frequentiespectrum wordt door de MF-versterker versterkt en aan de balansdetectur toegevoerd. Tegelijkertijd wordt de detector gevoed met een signaal met de draaggolffrequentie (in dit concrete voorbeeld 27,135 MHz). Aan de uitgang staat nu het uiteindelijke LF-signaal, dat door de LF-versterker versterkt wordt en naar de luidspreker gevoerd wordt.

In de praktijk wordt de functie van de draaggolf-oscillator ook door de synthesizer overgenomen, die dus alle benodigde frequenties voor zend- en ontvangstgedeelte van een CB-apparaat levert.

2.3.2.1 De balansdetector

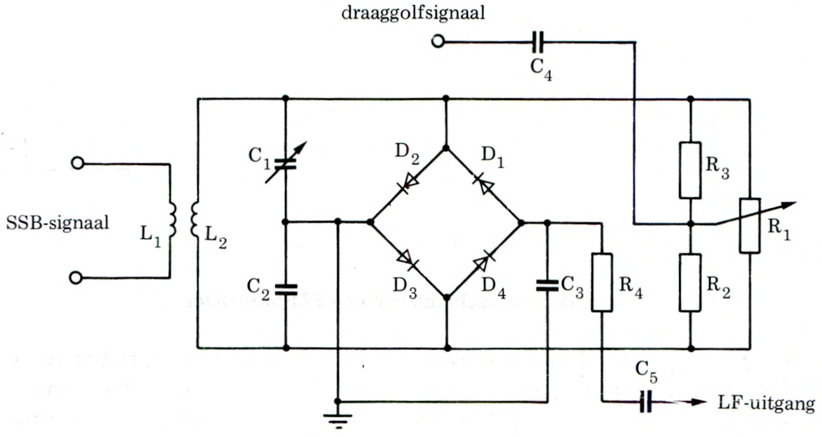
In het voorafgaande zijn alle in het blokschema van afbeelding 75 aanwezige trappen met uitzondering van de balansdetector besproken, die nu dan ook aan de beurt is.

In afbeelding 40 hebben we kennisgemaakt met het principeschema van een balansmodulator.

De werkingswijze van de balansdetector is tegenovergesteld aan die van de balansmodulator. In de balansmodulator wordt uit het LF-signaal en de draaggolf het SSB-signaal verkregen. De balansdetector maakt het mogelijk om uit het SSB-signaal en de hem toegevoerde

draaggolf na menging het LF-signaal terug te winnen. Het principeschema van een balansdetector wordt in afbeelding 76 aanschouwelijk gemaakt. Hierin wordt het SSB-signaal symetrisch via de uit de spoelen L_1 en L_2 bestaande HF-transformator aan de brugschakeling van vier dioden (D_1 tot D_4) toegevoerd. De ingangskring is op de frequentie van het SSB-signaal (in ons geval 7,800 MHz) afgestemd.

Het draaggolfsignaal wordt via de condensator C_4 en de spanningsdeler R_2/R_3 aan de diodenbrug toegevoerd. De weerstand R_1 dient om een symetrische toevoer van het draaggolfsignaal, de condensator C_1 om een symetrische toevoer van het SSB-signaal mogelijk te maken. Het na menging verkregen LF-signaal wordt via R_4/C_5 afgetakt.

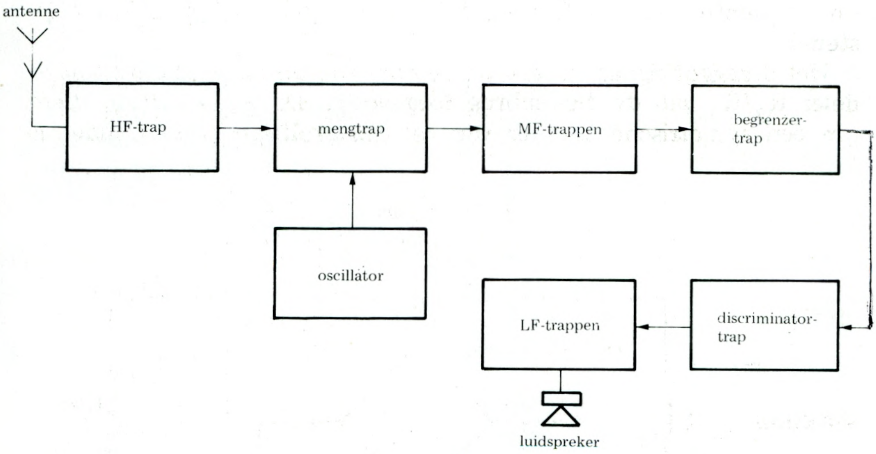


Afb. 76: Principeschema van een balansdetector

2.3.3 De FM-ontvanger

FM-ontvangers onderscheiden zich hoofdzakelijk van AM-ontvangers door een schakeling, die een omzetten van frequentievariaties in amplitudevariaties realiseert. Verder komt er nog een begrenzerschakeling bij die als taak heeft, storingen in de vorm van amplitudemodulatie te elimineren.

Afbeelding 77 toont het blokschema van een FM-ontvanger, waarin beide nieuwe trappen zijn opgenomen.



Afb. 77: Principeschema van een FM-ontvanger

Het hart van een FM-ontvanger is de frequentiediscriminator (ook FM-detector genoemd), die de frequentiezwaai omzet in een amplitudevariatie. Hij heeft dezelfde functie als de detector in AM-ontvangers.

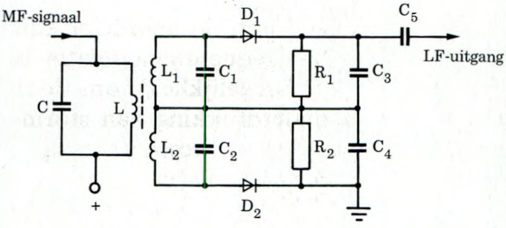
2.3.3.1 De FM-detector

Door de mathematische structuur van een frequentiegemoduleerd signaal (vgl. hoofdstuk 2.2.4) bestaat niet de mogelijkheid, het modulatiesignaal, zoals bij amplitudegemoduleerde signalen, met behulp van een eenvoudige diode terug te winnen. FM-detectoren zijn daarom technisch gezien gecompliceerder dan AM-detectoren.

In principe kunnen signalen van frequentiegemoduleerde zenders door AM-ontvangers ontvangen worden. Hiervoor moet de ontvanger een weinig onder of boven de zenderfrequentie afgestemd worden. Als het selectiefilter van de ingangstrap steil genoeg is, dan werkt de flank van dit filter als een omzetter voor FM-signalen naar AM-sig-

nalen, die in de ontvanger op de normale wijze verder verwerkt worden.

In de praktijk worden echter betrouwbaardere demodulatiemethoden met behulp van zogenaamde discriminatoren toegepast.



Afb. 78: Principeschema van een discriminator

Het principeschema van een discriminator wordt in afbeelding 78 getoond.

Het frequentiegemoduleerde signaal wordt hier inductief via de resonantiekring LC van de laatste MF-trap naar de resonantiekringen L_1/C_1 en L_2/C_2 overgebracht. Deze twee kringen zijn niet op de waarde van de middenfrequentie f_m, maar op de hierboven en hieronder liggende frequenties f_1 en f_2 afgestemd. f_1 en f_2 stellen resp. de laagste en de hoogste frequentie, die in het frequentiegemoduleerde signaal aanwezig is, voor. Naarmate de zwaai Δf van het frequentiegemoduleerde signaal groter is, is ook de verstemming ten opzichte van f_m van beide resonantiekringen groter.

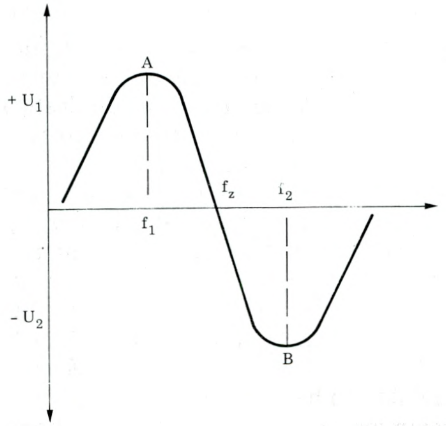
Bovendien zijn de resonantiekringen zo geschakeld dat hun flanken die voor het omzetten van het FM-signaal in een AM-signaal gebruikt worden, opgeteld kunnen worden (vgl. afb. 79). Hierdoor kunnen ook FM-signalen met een grote zwaai zonder noemenswaardige vervorming in AM-signalen omgezet worden. In het volgende voorbeeld ligt de zwaai tussen f_1 en f_2, zodat dus de flank tussen de punten A en B gebruikt wordt om van een frequentiegemoduleerd signaal een amplitudegemoduleerd signaal te maken.

Naarmate de zwaai van een frequentiegemoduleerd signaal groter wordt, wordt het ook moeilijker om een goed (d.w.z. met geringe vervorming) werkende discriminator te realiseren, omdat met toenemende zwaai ook de flank AB qua frequentiedekking groter moet worden.

Het met behulp van deze flank verkregen AM-signaal wordt aansluitend, zoals elk AM-signaal, door de dioden D_1 en D_2 gedemoduleerd, zodat uiteindelijk het LF-signaal verkregen wordt om de hieropvolgende LF-versterker te voeden.

Eenvoudige FM-detectoren zoals het behandelde type zijn in de

moderne communicatietechniek door verder ontwikkelde systemen, zoals de fase-discriminator en de ratio-detector vervangen. De werkingswijze van deze detectoren is in principe hetzelfde gebleven, zodat wij hier niet nader op de details van deze schakelingen hoeven in te gaan.



Afb. 79: Grafiek ter verduidelijking van een discriminator volgens afbeelding 78

2.3.3.2 De begrenzer

Een van de voordelen van de frequentiemodulatie is de mogelijkheid, om door onderdrukking van storingen in de vorm van amplitudemodulatie, een storingsvrije ontvangst te waarborgen. Deze opgave wordt door zogenaamde begrenzers vervuld.

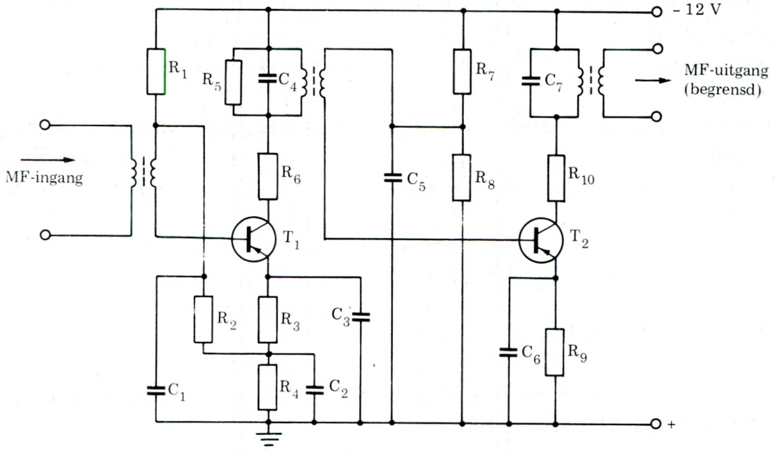
Begrenzerschakelingen kunnen met buizen, transistoren of IC's gebouwd worden en zijn zo gedimensioneerd, dat zij zeer snel overstuurd zijn. Hierdoor wordt bereikt dat een geringe toename van de amplitude van het ontvangen FM-signaal afgesneden en daarmee de gewenste begrenzing bereikt wordt.

Dit gebeurt echter alleen, als de begrenzerschakelingen een juist signaalniveau toegevoerd krijgen. Bij buizen ligt dit niveau op enige volts, bij transistoren in de grootte van een volt en bij IC.s op enige honderden van microvolts.

Het is daarom noodzakelijk dat het ontvangen HF-signaal aanzienlijk versterkt moet worden, voordat het een dergelijke schakeling toegevoerd kan worden.

Begrenzerschakelingen komen daarom altijd voor met HF-versterkertrappen. Afbeelding 80 toont een typische begrenzerschakeling, die uit twee trappen bestaat. Het begrenzingseffect is in deze schakeling afhankelijk van de spanningsdelers R_1/R_2 en R_7/R_8, waarmee de collectorstroom en dus het werkpunt van de transistoren ingesteld kan worden.

De begrenzing begint op het moment waarop, ondanks een toename van het ingangssignaal, de collectorstroom niet meer toeneemt, d.w.z. als het verzadigingspunt van de collectorstroom bereikt is.



Afb. 80: Principeschema van een begrenzer

2.3.4 Eigenschappen van ontvangers

Ook de kwaliteit van een ontvanger is uit de, doorgaans door de fabrikant gegeven, specificaties af te leiden.

De meest belangrijke specificaties van een ontvanger zijn de gevoeligheid, de soorten demodulatie, de selektiviteit, de frequentiestabiliteit, de kruismodulatie, spiegelfrequentie-selektiviteit en het ontvangstbereik.

2.3.4.1 Gevoeligheid

Een van de belangrijkste eigenschappen van een ontvanger is haar gevoeligheid, aangezien hiervan de noodzakelijke sterkte van de te ontvangen signalen afhangt.

Als gevoeligheid van een ontvanger wordt dat HF-signaal aange-

geven, dat aan de ingang toegevoerd moet worden, om het uitgangssignaal (spraak, muziek, beeld enz.) van een bepaalde kwaliteit te laten zijn. Voor het specificeren van de gevoeligheid van een ontvanger staan meerdere grootheden ter beschikking. Bij communicatieapparatuur wordt de gevoeligheid in het algemeen in microvolt (μV) aangegeven.

Gelijktijdig worden echter waarden voor de kwaliteit van het uitgangssignaal gegeven. Zo zal in een prospectus van een ontvanger meestal staan:

Gevoeligheid 0,5 μV bij 20 dB Signaal/Ruisverhouding aan de uitgang.

Deze specificaties betekenen, dat aan de uitgang van de ontvanger een gewenst signaal met een signaal/ruisverhouding van 20 dB verschijnt, als aan de ontvanger een HF-signaal van 0,5 μV toegevoerd wordt.

Als men volledig wil zijn, moeten ook de frequentie van het LF-signaal en de modulatiediepte aangegeven worden.

2.3.4.2 Selektiviteit

De op één na belangrijkste eigenschap van een ontvanger, na de gevoeligheid, is de selektiviteit.

Deze parameter geeft aan met welke nauwkeurigheid een ontvanger de gewenste zender scheiden kan van een naast liggende zender. De selektiviteit van een ontvanger wordt in dB uitgedrukt. Zo betekent het b.v. als aangegeven wordt:

6 dB - punten = ± 1,5 kHz, dat signalen op ± 1,5 kHz afstand van de middenfrequentie met 6 dB verzwakt worden, terwijl 60 dB = ± 5,5 kHz betekent, dat signalen op 5,5 kHz afstand van de middenfrequentie, 60 dB verzwakt worden.

2.3.4.3 Stabiliteit

Ook de stabiliteit is een belangrijke eigenschap van de ontvanger.

Zij geeft aan hoe lang en hoe goed de ontvanger vanaf het tijdstip dat op de zender afgestemd wordt, op dit punt stabiel blijft staan. Maatgevend voor de stabiliteit van een ontvanger is de stabiliteit van de resonantiekringen van de oscillator. Hoe groter de stabiliteit van deze kringen, des te groter ook de oscillator-stabiliteit en daarmee de stabiliteit van de ontvanger zelf.

Vrijlopende oscillatoren bereiken een stabiliteit in de grootte orde van 10^{-4}. Ontvangers met stabiliteitswaarden die in deze klasse liggen

kunnen reeds als kwaliteitsontvangers betiteld worden. CB-apparatuur beschikt echter over kristaloscillatoren die veel grotere stabiliteitswaarden mogelijk maken.

2.3.4.4 Frequentiebereik

De waarden die bij het frequentiebereik genoemd worden geven aan voor welke banden de ontvanger gebruikt kan worden.

Dit geldt echter niet voor CB-apparatuur, aangezien hier het frequentiebereik identiek is aan het aantal vrijgegeven kanalen.

2.3.4.5 Kruismodulatie

Het ongewenste optreden van kruismodulatie ontstaat door niet lineaire eigenschappen van buizen en transistoren.

Het aanwezig zijn van twee gemoduleerde draaggolven, met de frequentie f_1 en f_2 aan de ingang van een ontvanger heeft tot gevolg dat overspraak van de modulatie van de draaggolf f_1 op de draaggolf f_2 en omgekeerd optreedt.

Dit verschijnsel noemt men kruismodulatie. De maatstaf voor kruismodulatie is de kruismodulatiefactor K, die als volgt gedefinieerd is:

$$K = \frac{\text{amplitude der stoormodulatie}}{\text{amplitude der gewenste modulatie}}$$

De kruismodulatiefactor K wordt in procenten uitgedrukt.

2.3.4.6 Spiegelfrequentieselektiviteit

Bij het superhet-ontvangers wordt het ontvangen HF-signaal met de frequentie f_e in een vaste frequentie, de z.g. middenfrequentie (MF) omgezet.

Daarvoor is, zoals we zagen, een signaal met een variabele frequentie f_o nodig. De MF-frequentie bedraagt in de CB-techniek 455 kHz resp. 6,5 MHz. In de meeste gevallen wordt de variabele frequentie f_o zo gekozen, dat het verschil f_o - f_1 overeenkomt met de middenfrequentie.

Is b.v. de ontvangen frequentie f_e = 27,005 MHz (kanaal 4), dan moet de variabele frequentie f_o = 27,005 MHz + 455 kHz = 27,460 MHz bedragen, om een middenfrequentie van 455 kHz te verkrijgen.

Als nu tegelijkertijd op de ingang van de ontvanger de frequentie $f_2 = f_e + 2$ MF = 27,915 MHz aanwezig is, dan ontstaat in de mengtrap het frequentieprodukt $f_3 = f_2 - f_o = 27{,}915 - 27{,}460 = 455$ kHz.

Deze ongewenste frequentie — in ons voorbeeld 27,915 MHz — noemt men de spiegelfrequentie. De eigenschap van een ontvanger, deze frequentie te onderdrukken, noemt men spiegelfrequentieselektiviteit. Deze wordt in dB gemeten en geeft aan, hoe groot het ongewenste HF-signaal in verhouding tot het gewenste signaal moet zijn, om het gelijke LF-signaal aan de uitgang van de ontvanger te verkrijgen.

Bij kwaliteitsontvangers zijn waarden in de grootte orde van 60 dB normaal.

3 Het complete CB-apparaat

3.1 De opbouw van een CB-apparaat

In de voorgaande hoofdstukken zijn, in de vorm van zender en ontvanger, de beide hoofdbestanddelen van een CB-apparaat beschreven.

In het nu volgende zal aan de hand van een concreet voorbeeld een CB-apparaat in zijn totaliteit behandeld worden. Voor dit doel hebben we een gecompliceerd apparaat uit de kwaliteitsklasse, de Kaiser — SSB 27, gekozen, dat zowel voor AM — als voor SSB — bedrijf geschikt is en bovendien 5 W vermogen aan de antenne afgeeft.

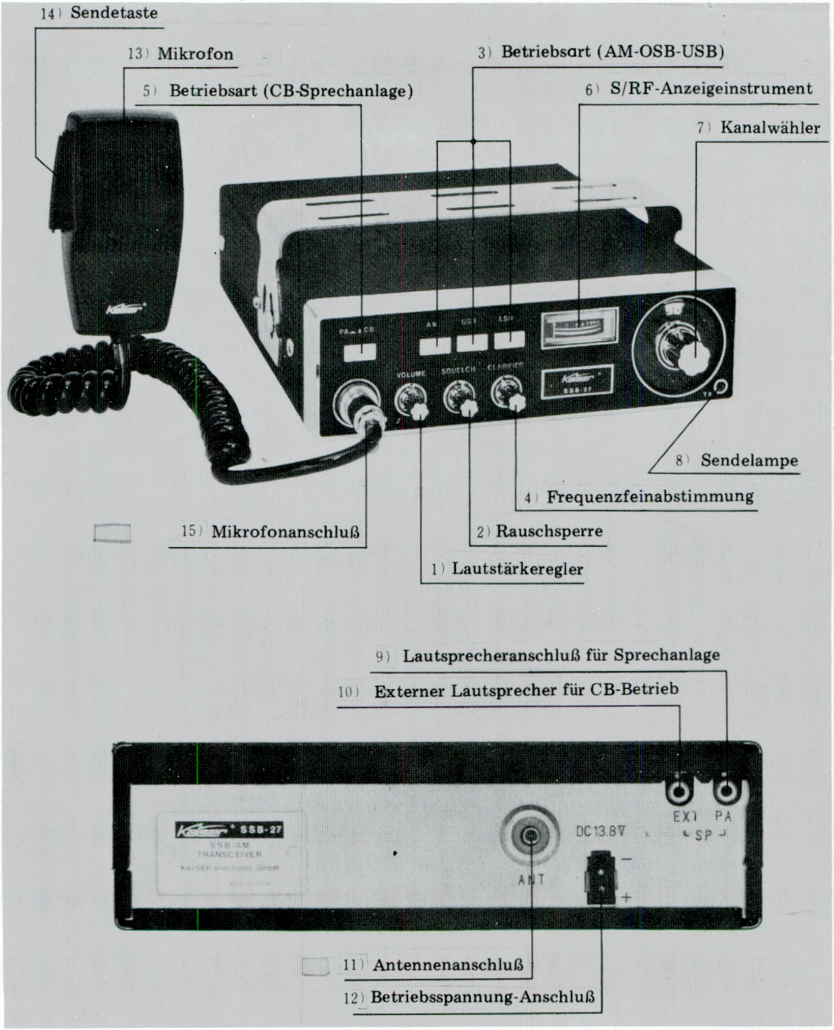
Een foto van dit apparaat wordt in afbeelding 81 getoond, terwijl het blokschema in afbeelding 82 staat. De dik getekende verbindingslijnen tussen de afzonderlijke trappen stellen de gemeenschappelijke signaalwegen van zender en ontvanger voor; de dun getekende lijnen gelden alleen voor de ontvanger en de onderbroken lijnen tenslotte stellen de signaalweg voor de zender voor.

Het door de antenne (ANT) ontvangen signaal bereikt via een laagdoorlaatfilter de HF-voorversterker (Q_1), die het signaal versterkt, voordat het aan de eerste mengtrap (Q_2) toegevoerd wordt.

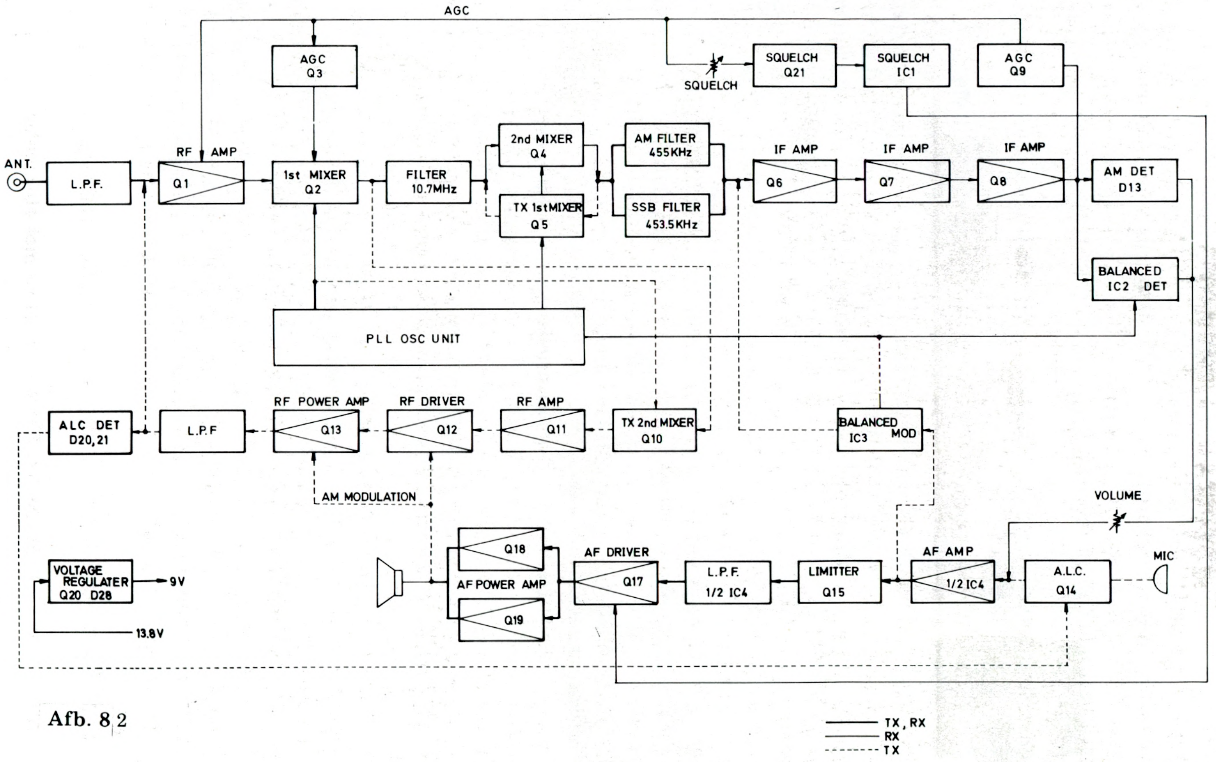
Deze trap wordt tegelijkertijd door de synthesizer (PLL) met een tweede signaal gevoed, waarvan de frequentie zo gekozen is, dat aan de uitgang het eerste MF-signaal in het frequentiebereik van 10,7 MHz verkregen wordt. Het hieropvolgende filter van 10,7 MHz is aanwezig om alleen het 10,7 MHz-signaal door te laten en de andere mengprodukten daarentegen te onderdrukken. Aansluitend komt dit signaal bij de tweede mengtrap (Q_4). Deze wordt tegelijkertijd door de synthesizer ook met een tweede signaal gevoed, waarvan de frequentie zo gekozen is, dat aan zijn uitgang het tweede MF-signaal in het 455 kHz-bereik aanwezig is.

De hierop volgende filters van 455 en 453,5 kHz laten de voor AM- resp. SSB-bedrijf noodzakelijke MF-signalen passeren.

Vervolgens komt de MF-versterker, die uit drie trappen (Q_6, Q_7, Q_8) bestaat.



Afb. 81: Voorbeeld van een AM-SSB-apparaat met 40 kanalen


AGC
AGC Q3
SQUELCH
SQUELCH Q21
SQUELCH IC1
AGC Q9
ANT.
L.P.F.
RF AMP
Q1
1st MIXER Q2
FILTER 10.7MHz
2nd MIXER Q4
TX 1stMIXER Q5
AM FILTER 455KHz
SSB FILTER 453.5KHz
IF AMP
Q6
IF AMP
Q7
IF AMP
Q8
AM DET D13
BALANCED IC2 DET
PLL OSC UNIT
ALC DET D20,21
L.P.F
RF POWER AMP
Q13
RF DRIVER
Q12
RF AMP
Q11
TX 2nd MIXER Q10
BALANCED IC3 MOD
AM MODULATION
VOLUME
VOLTAGE REGULATER Q20 D28
9V
13.8V
Q18
AF POWER AMP
Q19
AF DRIVER
Q17
L.P.F. 1/2 IC4
LIMITTER Q15
AF AMP
1/2 IC4
A.L.C. Q14
MIC
TX, RX
RX
TX

Afb. 8 2

Het versterkte MF-signaal wordt bij AM-bedrijf aan de AM-detectortrap (D_{13}), en bij SSB-bedrijf aan de balansdetector (IC_2) toegevoerd. Aan de uitgang van beide detectoren verschijnt het LF-signaal. In SSB-bedrijf krijgt de balansdetector het noodzakelijke signaal met de draaggolffrequentie van de synthesizer. Het AGC-signaal wordt aan de uitgang van de derde MF-trap (Q_8) afgenomen en aan de AGC-trap Q_9 toegevoerd.

Deze trap voedt enerzijds direkt de HF-voorversterkertrap, anderzijds via de AGC-trap Q_3 de eerste mengtrap.

Het LF-signaal van de AM- resp. de SSB-detector voedt via de luidsterkteregelaar (volume) de eerste trap van de LF-versterker. Deze trap wordt gevolgd door een begrenzertrap (Q_{15}), een laagdoorlaatfilter (1/2 IC_4) en tenslotte de driver (Q_{17}), die het LF-signaal zo versterkt dat het geschikt is om de LF-eindtrap (Q_{18}, Q_{19}) aan te sturen.

De driver krijgt ook het voor de ruisonderdrukking noodzakelijke signaal van de squelchschakeling Q_{21} en IC_1. De instelling van deze schakeling gebeurt met behulp van een potentiometer (squelch). De luidspreker is aangesloten op de uitgang van de LF-eindtrap.

Dezelfde LF-versterker wordt bij zowel AM- als SSB-bedrijf ook voor het moduleren van de zender gebruikt. Het van de microfoon (MIC) afkomstige LF-signaal voedt de eerste LF-trap (1/2 IC_4). Bij SSB-bedrijf wordt het versterkte LF-signaal uit de eerste LF-trap naar de balansmodulator (IC_3) gevoerd, waar het met het HF-signaal uit de synthesizer gemengd wordt. Aan de uitgang van deze modulator staat het gemoduleerde signaal met beide zijbanden ter beschikking.

Met behulp van de MF-filters wordt één van de zijbanden onderdrukt, en de andere zijband wordt aan de eerste mengtrap (Q_5) toegevoerd. Deze trap krijgt tegelijkertijd een signaal van de synthesizer, waarvan de frequentie zo gekozen wordt, dat aan de uitgang een SSB-signaal in het bereik van 10,7 MHz verschijnt. De tweede mengtrap Q_{10} mengt aansluitend dit signaal naar een hogere frequentie, zodat het uiteindelijke SSB-signaal ontstaat. De hieropvolgende HF-versterkertrap (Q_{11}) versterkt dit signaal en voedt de driver (Q_{12}).

Deze trap voedt op zijn beurt de eindtrap (Q_{13}), die het signaal via de beide laagdoorlaatfilters (L.P.F.) aan de antenne toevoert. Bij het AM-bedrijf gebeurt het moduleren van de zender in de driver en de eindtrap door een signaal, afkomstig van de eindtrap van de LF-versterker.

De trap Q_{20} dient voor het stabiliseren van de voedingsspanning.

3.2 De techniek van het foutzoeken

Voor het repareren van CB-apparatuur is, net zoals bij het repareren van andere elektronische apparatuur, kennis van de grondslagen van de electronica onontbeerlijk.

Daarnaast zijn logisch denken en het kunnen lezen van schema's van de betreffende apparatuur noodzakelijke bekwaamheden. Iedereen die ervaring hierin heeft, weet dat dit geen aangeboren talent is, maar alleen met veel geduld en oefening oder de knie gekregen kan worden.

Hoewel men de werkingswijze van een betreffend apparaat kent, staat de ongeoefende vaak hulpeloos tegenover het schema en blijft op een bepaald punt van het gecompliceerde schema steken. Doorzettingsvermogen is dan ook noodzakelijk om tot een goed einde te komen.

Het schema van afbeelding 83 zou in dit licht als voorbeeld ter oefening kunnen dienen.

3.3 Bediening van CB-apparatuur

CB-apparatuur heeft in de regel een eenvoudige frontplaat en is daarom relatief gemakkelijk te bedienen.

In principe kan men de instelmogelijkheden van CB-apparatuur in twee categorieen indelen. Enerzijds heeft men de basis instelmogelijkheden, die op elk CB-apparaat aanwezig moeten zijn en anderzijds de luxe bedieningsknoppen die men alleen in de duurdere klassen vindt.

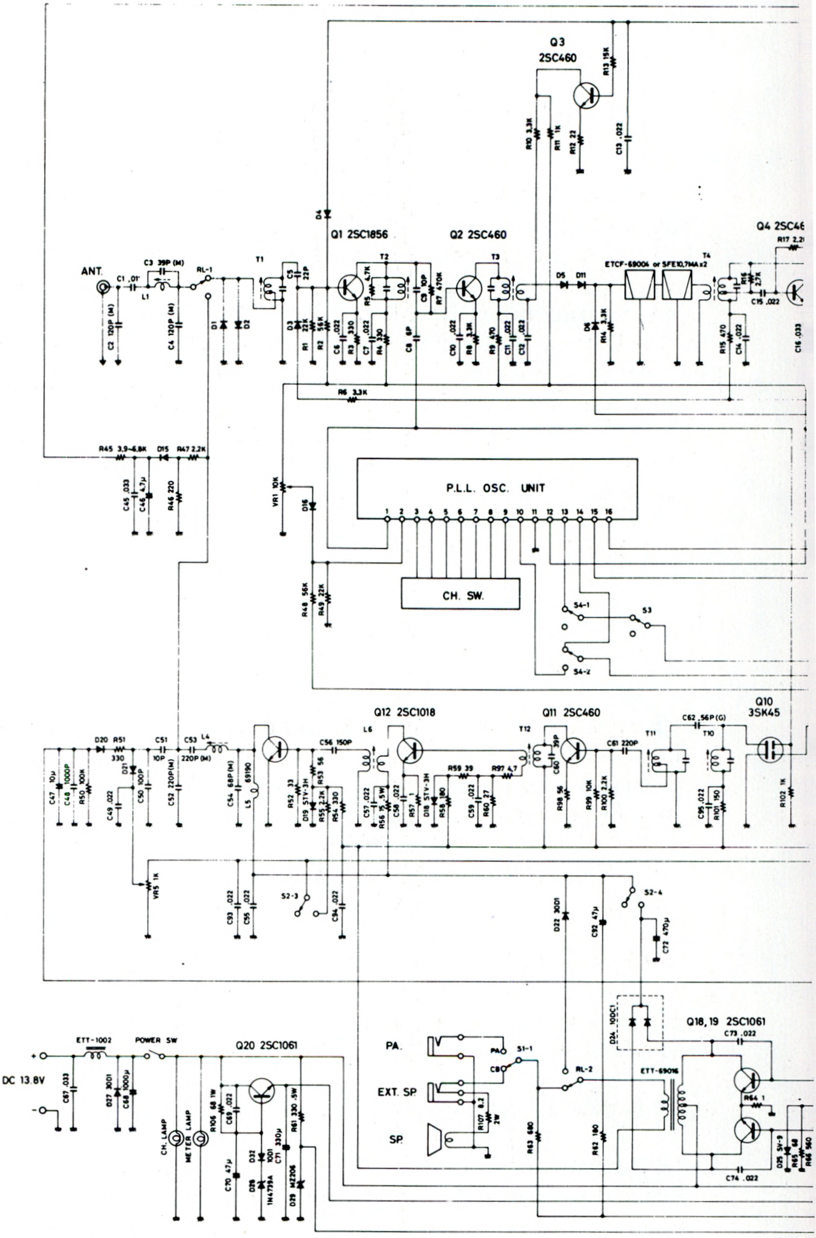
3.3.1 Noodzakelijke instelmogelijkheden

Bij CB-apparatuur valt hieronder de kanalenkiezer, de zendknop, de squelchinstelling, de volumeregelaar en de aan/uit knop.

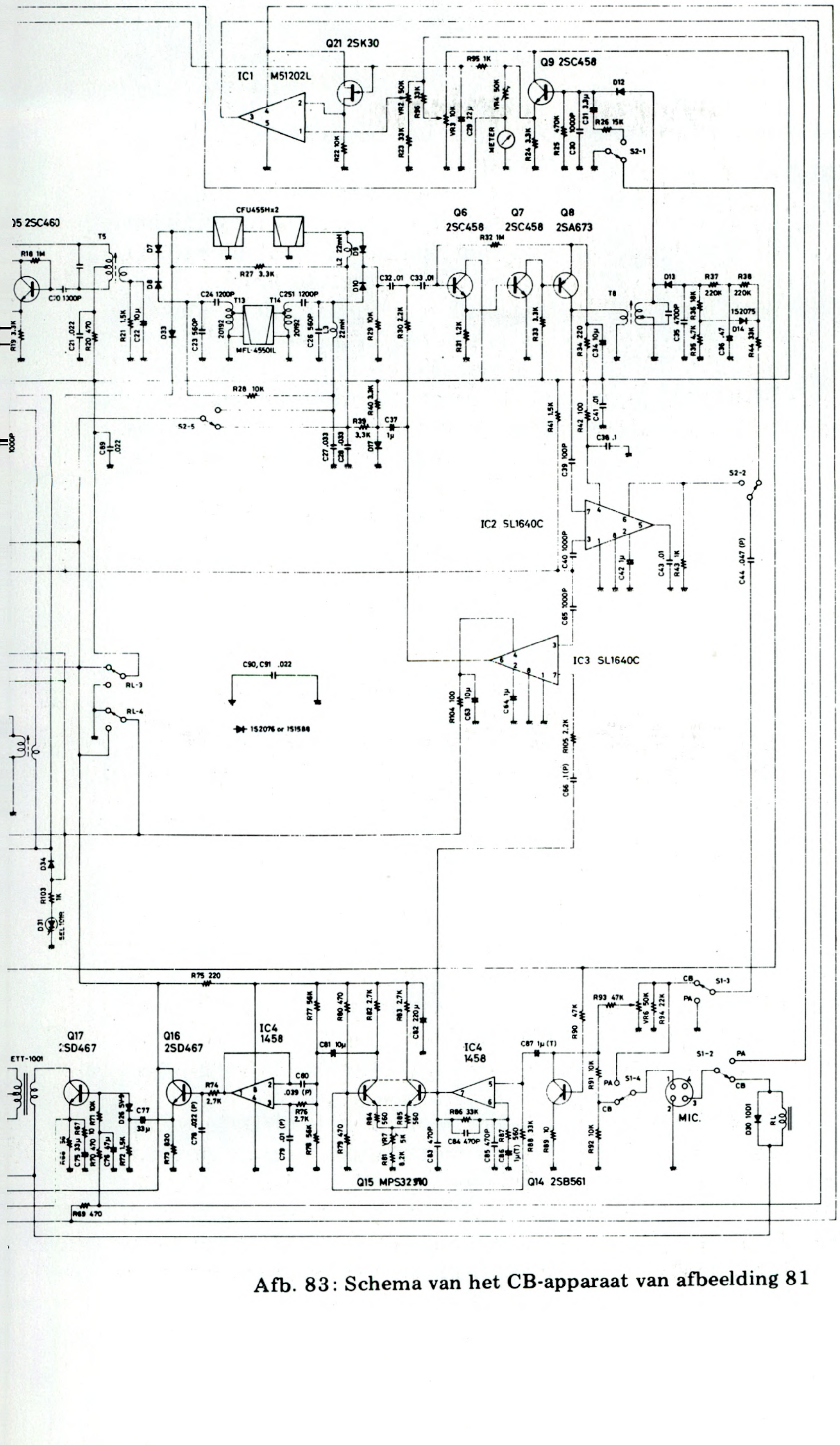
De kanalenkiezer (Channel Selector)

De kanalenkiezer dient voor het instellen van het gewenste kanaal en heeft al naar gelang van het aantal aanwezige kanalen 6, 12, 22 of 40 posities.

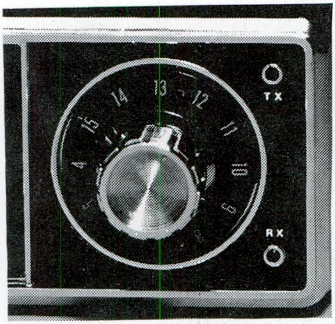
Bij portofoons met een kleiner aantal beschikbare kanalen vindt men in plaats hiervan vaak een eenvoudige schakelaar.


ANT.
Q1 2SC1856
Q2 2SC460
Q3
2SC460
Q4 2SC46
ETCF-69004 or SFE10.7MA x2
P.L.L. OSC. UNIT
CH. SW.
S4-1
S3
S4-2
Q12 2SC1018
Q11 2SC460
Q10
3SK45
S2-3
S2-4
Q18, 19 2SC1061
ETT-69016
Q20 2SC1061
ETT-1002
POWER SW
DC 13.8V
CH. LAMP
METER LAMP
PA.
EXT. SP.
SP.
S1-1
RL-1
RL-2

MODEL SSB 27



Afb. 83: Schema van het CB-apparaat van afbeelding 81



Afb. 84: Een typische kanalenkiezer voor CB-apparatuur

De kanalenkiezer bevindt zich in de regel aan de rechterzijde van de frontplaat.

Door toepassing van LED-displays is het ook in het donker mogelijk het gekozen kanaal te herkennen. Bij sommige kwaliteitsapparaten is de kanalenkiezer in het microfoonkapsel gebouwd. Deze positie is bijzonder gemakkelijk bij mobiele apparatuur, omdat zo de bediening van de kanalenkiezer, de microfoon en de zendknop met één hand mogelijk is, wat b.v. voor installaties in vrachtwagens veel voordelen biedt.

Aan/uit- Volumeregelaar (On/Off-Volume Control)

Deze knop zit in de regel aan de linkerkant van de frontplaat. Hij dient tegelijkertijd voor het in- en uitschakelen van het apparaat en voor de luidsterkteregeling en onderscheidt zich nauwelijks van een dergelijke knop bij radio's. Sommige CB-apparaten hebben echter aparte schakelaars voor het in- en uitschakelen en voor het instellen van de gewenste luidsterkte.

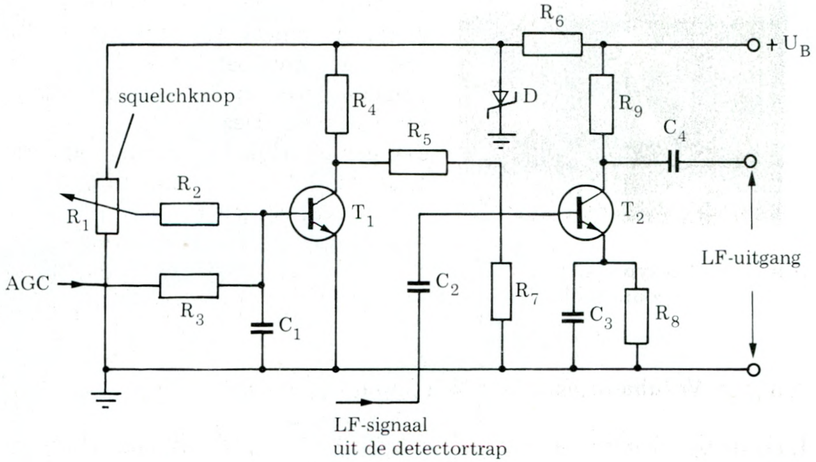
De Squelchinstelling

Hiermee wordt het ruisniveau van het apparaat ingesteld. Het verhogen van de ruisdrempel gaat echter ten koste van de gevoeligheid.

Afhankelijk van de verhouding tussen ruis- en signaalsterkte, stelt men de squelchregeling zo in, dat een optimale ontvangst bereikt wordt. Bijna elk CB-apparaat heeft een schakeling voor de ruisonderdrukking, die met een knop op de frontplaat van het apparaat in te stellen is.

Deze schakeling heeft als functie het verminderen van de gevoeligheid van de ontvanger en daarmee het onderdrukken van de ruis, zodat de ontvanger alleen nog maar reageert op HF-signalen van een bepaalde sterkte. Dit HF-niveau kan met behulp van de squelchknop over een groot bereik gekozen worden. Eenieder die reeds met een CB-apparaat gewerkt heeft, kent deze knop en weet, welke goede diensten

deze schakeling bij het onderdrukken van ongewenste signalen (b.v. interfererende zenders) verricht.



Afb. 85: Principeschema van een schakeling voor de ruisonderdrukking

De werkingswijze zal hieronder, met behulp van afbeelding 85, verklaard worden.

De transistor T_2 stelt een LF-versterker voor, terwijl de transistor T_1 bij de feitelijke schakeling voor de ruisonderdrukking hoort. Het LF-signaal van de detectortrap wordt via de condensator C_2 naar de basis van de transistor T_2 gevoerd. Het versterkte LF-signaal wordt van de collector van dezelfde transistor via de condensator C_4 afgetakt. De weerstand R_1, die de squelchknop voorstelt, regelt de basisspanning en daarmee de collectorstroom van de transistor T_1. Zolang de weerstand R_1 zo ingesteld is dat er geen collectorstroom vloeit, is de spanningsval over de weerstand R_4 minimaal en over de spanningsdeler R_5/R_7 staat dan de grootst mogelijke spanning.

De transistor T_2 is open gestuurd en laat zowel het LF-signaal als de ruis door. De ruisonderdrukking is dus buiten werking. Stelt men de weerstand R_1 zo in dat de collectorstroom van de transistor T_1 toeneemt, dan komt men op een punt waar de spanningsval over de weerstand R_4 zo groot is geworden, dat de transistor T_2 gesperd wordt.

De ruisonderdrukking is daarmee in bedrijf. Aan de ingang van transistor T_1 wordt echter tegelijkertijd ook een, van de AGC-schakeling afkomstige, negatieve spanning toegevoerd. Neemt de HF-spanning aan de ingang van de ontvanger toe, dan stijgt de AGC-spanning proportioneel hiermee.

Vanaf een bepaald niveau van de AGC-spanning (al naar gelang de instelling van de potentiometer R_1) wordt de transistor T_1 weer gesperd. Hierdoor gaat de transistor T_2 echter weer geleiden, zodat het LF-signaal weer te horen is. De zenerdiode D dient voor het stabiliseren van de collectorspanning, zodat het ingestelde niveau van de ruisdrempel door variaties van deze spanning niet beïnvloed wordt.

Afb. 86: CB-apparatuur van duitse herkomst
boven: mobiele post CBM 100; onder: vaste post CBH 1000

De zendknop (Push-To-Talk)

Hiermee wordt de zender in bedrijf genomen.

Als men de zendknop indrukt, dan schakelt het CB-apparaat van ontvangen over naar zenden. De zendknop bevindt zich in de regel in

het microfoonkapsel en kan dus met de hand die de microfoon vasthoudt eenvoudig bedient worden. Bij portofoons zit de zendknop aan de zijkant van het apparaat om de bediening van het apparaat met één hand mogelijk te maken.

3.3.2 Speciale bedieningsmogelijkheden

Naast bovengenoemde bedieningsknoppen hebben sommige CB-apparaten nog andere instel- of uitleesmogelijkheden.

De belangrijkste daarvan zijn de volgende:

S-waarde/R-waarde indicatie (S/RF-meter)

Deze meter die men op veel CB-apparaten vindt, heeft een dubbele functie.

Is de ontvanger ingeschakeld, dan geeft hij de sterkte van het ontvangen signaal (S-waarde) weer. Bij zenden daarentegen heeft men een indicatie voor het gemoduleerde HF-signaal (R-waarde). Op sommige instrumenten is zelfs de SWR-waarde af te lezen (zie afb. 87).

SWR-meter

Deze meter vindt men — apart of als gecombineerd instrument — alleen bij kwaliteitsapparatuur.

De gemeten waarde is een maat voor de aanpassing tussen de antenne en het CB-apparaat.

Afb. 87: Instrument voor S-RF-SWR-indicatie

Modulatiemeter (Modulations Lamp)

Dit element, dat een lampje of een complete meter kan zijn, geeft weer dat het apparaat in zendbedrijf is. Bij sommige apparaten luidt het opschrift: „ON THE AIR“.

HF-regeling (RF-Gain)

Hiermee kan de gevoeligheid van de ontvanger ingesteld worden. Hij is alleen van nut, als het ontvangen HF-signaal zeer sterk is. Dit soort situaties kunnen bij twee nabuur posten, b.v. twee niet ver van elkaar rijdende auto's, voorkomen. Met de HF-regeling kunnen dan, door de sterke HF-signalen veroorzaakte, vervormingen voorkomen worden.

Afb. 88: Typische plaatsing van bedieningsknoppen op CB-apparatuur

Automatische ruisonderdrukker (ANL)

Sommige CB-apparaten beschikken over een automatische ruisonderdrukker (ANL = Automatic Noise Limiter), die met een schakelaar uitgeschakeld kan worden. In dit geval is weliswaar het ruisen sterker dan normaal, maar de gevoeligheid van de ontvanger is ook wezelijk beter geworden.

Fijnafstemming (Delta Tune)

Slechts weinig CB-apparaten beschikken over een dergelijke afstemmogelijkheid. De bedoeling is om hiermee kleine afwijkingen van de kristalfrequenties weg te regelen en zo de kwaliteit van het ontvangen signaal te verbeteren en interferenties met nabuurkanalen te voorkomen.

Afb. 89: Schakelaar voor AM-LSB-USB-bedrijf

AM-SSB-schakelaar (AM-LSB-USB)

Deze schakelaar vindt men alleen bij SSB-CB-apparatuur. Deze apparaten komen vooral in de USA voor. Hij dient om te kunnen kiezen tussen de hoge zijband (USB = uppersideband), de lage zijband (LSB = lower sideband) of normaal bedrijf (AM).

SSB-fijnafstemming

Deze regeling is identiek met de fijnafstemming bij AM-apparatuur. Deze regeling is echter bij SSB-apparatuur voor de scheiding van beide zijbanden onvermijdelijk.

De achterzijde van het apparaat

Op de achterkant van CB-apparatuur vindt men de connector om de antenne aan te kunnen sluiten, de bus voor de netkabel en eventueel een aansluitingspunt voor een externe luidspreker.

3.4 Spanningsverzorging

Voor het leveren van de stroom aan CB-apparatuur staan in principe drie energiebronnen ter beschikking:

- netspanning
- niet oplaadbare batterijen
- oplaadbare batterijen (accu's)

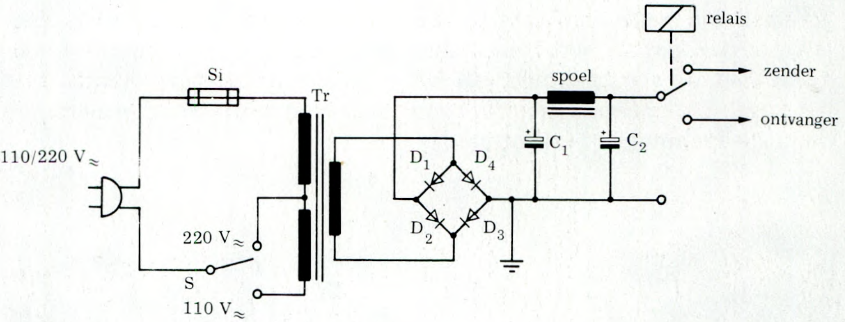
Mobiele posten worden hoofdzakelijk in voertuigen, boten enz. geïnstalleerd waar een accu ter beschikking staat. Hierbij moet men er op letten dat de bedrijfsspanning van de zender/ontvanger overeenkomt met de accuspanning van het betreffende voertuig. Als dit niet het geval is dient men gebruik te maken van spanningsomvormers, om de juiste spanning te verkrijgen.

Afb. 90: Voorbeelden van Ni-Cd-accu's. Links: 12V/250mAh-blokaccu; rechts: cellen à 1,2V/455 mAh

De belangrijkste eigenschap van een accu is haar energiedichtheid, d.w.z. de verhouding tussen de opgeslagen elektrische energie (in watt-uren=Wh) en het gewicht (in kilogrammen Kg). De grootste energiedichtheid hebben zilver-zink-accu's met waarden van over de 200 Wh/Kg, met opvolgend zilver-cadmium met ongeveer 80 Wh/Kg en nikkel-cadmium batterijen (accu's) met ongeveer 30 Wh/Kg.

De laatstgenoemde soort is ondanks haar lage energiedichtheid bijna de enige die bij CB-apparatuur toegepast wordt. De reden hiervoor is de hoge betrouwbaarheid en het grote aantal laad - ontlaad cyclussen dat mogelijk is. Voor het herladen van deze batterijen wordt een groot aantal eenvoudige oplaadapparaten aangeboden. Vaste posten worden, voor zover een netaansluiting aanwezig is, door het net gevoed (110 V resp. 220 V≈). In dit geval is een voedingsgedeelte, dat de spanningsverzorging opzich neemt, noodzakelijk.

Onder „spanningsverzorging" verstaat men niet alleen de transformatie en de gelijkrichting, maar ook het stabiliseren van de netspanning, iets wat bij veel CB-apparatuur intern gebeurt.



Afb. 91: Principeschema van een voedig zonder spanningsstabilisatie voor de spanningsverzorging van een CB-apparaat, uitgaande van een 110V resp. 220 V≈net

Afbeelding 91 toont het principeschema van een voeding voor de spanningsverzorging van CB-apparatuur uit het net.

De CB-voeding onderscheidt zich slechts op ondergeschikte punten van de gebruikelijke voedingsschakelingen voor radio's. Hij moet n.l. qua geleverd vermogen alleen zo gedimensioneerd worden, dat ook

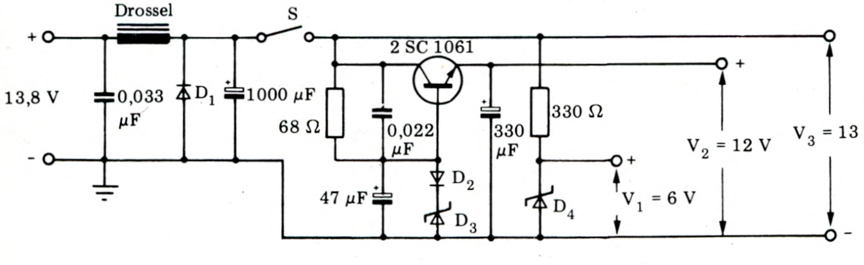
de zender gevoed kan worden. Het schema van afbeelding 91 heeft geen specifieke bijzonderheden.

Voor het samenstellen van een eenvoudige voeding zijn de noodzakelijke componenten aanwezig. De transformator zet de 110 V resp. 220 V van het net om in ongeveer 15 V en voedt een bruggelijkrichter, die uit de vier dioden D_1 tot D_4 bestaat.

De gelijkgerichte spanning wordt door de elektrolytcondensatoren C_1/C_2 en de spoel van zijn rimpel ontdaan.

Aan de uitgang staat ongeveer 12 V voor de spanningsverzorging van het CB-apparaat ter beschikking. Via een relais wordt uiteindelijk naar behoefte de zender of de ontvanger op de voedingsspanning aangesloten.

Geschiedt de spanningsverzorging door een gelijkspanningsbron, b.v. een auto-accu van 12 V, dan worden voedingen toegepast die enerzijds de geleverde gelijkspanning stabiliseren en anderzijds de spanningsdelingen voor hun rekening nemen, zodat de diverse trappen van een apparaat met verschillende voedingsspanningen voorzien kunnen worden.



Afb. 92: Voeding van een CB-apparaat, die zijn spanning uit een gelijkspanningsbron, b.v. een auto-accu, krijgt

Een voorbeeld uit de praktijk wordt in afbeelding 92 getoond. Een ingangsfilter, bestaande uit twee condensatoren en een spoel, dient om storingen afkomstig uit de spanningsbron of de toevoerleidingen te onderdrukken.

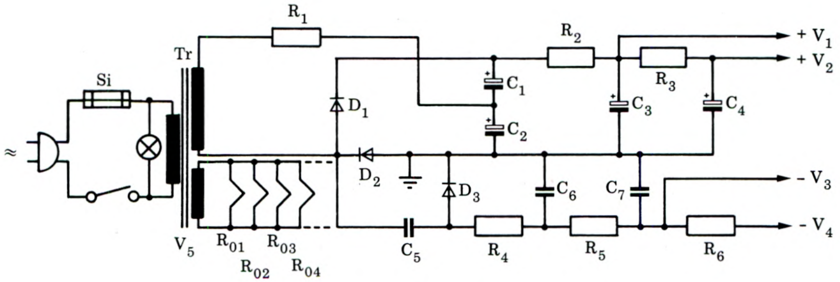
Tegelijkertijd zorgt deze schakeling ervoor dat storingen in het CB-apparaat niet via geleiding andere apparaten storen. De diode

D_1 beschermt het apparaat tegen eventueel optredende overspanning. Via de schakelaar S komt de verzorgingsspanning enerzijds direct in het apparaat (V_3 = 13 V), waar hij die trappen voedt, die geen gestabiliseerde spanning nodig hebben, anderzijds bij de uit een transistorschakeling bestaande stabilisator.

Aan de uitgang van deze schakeling staat een gestabiliseerde spanning (V_2) van ongeveer 12 V, die de trappen voedt die wel een gestabiliseerde spanning nodig hebben. Bovendien wordt met behulp van een zenerdiode (D_4) nog een tweede gestabiliseerde spanning (V_1) van 6 V verkregen, die bijvoorbeeld voor geïntegreerde schakelingen nodig is.

De schakeling van afbeelding 92 vervult dus een reeks opgaven. Dergelijke schakelingen vindt men vooral in gecompliceerde CB-apparatuur. Andere voedingen kunnen weer andere gecompliceerde functies hebben, b.v. als uit de netspanning (110V/220V≈) meerdere wissel- en gelijkspanningen verkregen moeten worden.

Dergelijke voedingen kwam men tot voor enkele jaren tegen, toen nog met buizen uitgeruste CB-apparaten voorkwamen. Deze apparatuur is intussen door volledig getransistoriseerde CB-apparatuur opgevolgd.



Afb. 93: Voeding voor de spanningsverzorging van een met buizen uitgerust CB-apparaat

Afbeelding 93 toont het principeschema van een dergelijke voeding. Het levert in totaal vijf verschillende spanningen. De positieve spanning V_1 voedt de vermogenstrappen van de zenders.

De positieve spanning V_2 wordt aan de anoden van de overige buizen van de zender en aan die van de ontvanger toegevoerd. De, in

hun absolute waarde verschillende, negatieve spanningen $-V_3$ en $-V_4$ dienen voor het voeden van het stuurrooster van de buizen. De vijfde spanning V_5 — een wisselspanning — dient als gloeispanning voor de buizen.

• Een stabilisatieschakeling is niet aanwezig, maar kan in principe nog aangesloten worden.

4 CB-antennes

4.1 Basisprincipes

Elke draadloze communicatie overdracht begint en eindigt met een antenne. De zender heeft een antenne nodig om elektromagnetische golven op te wekken en de ontvanger om de elektromagnetische golven weer om te zetten in een hoogfrequentsignaal (HF-signaal).

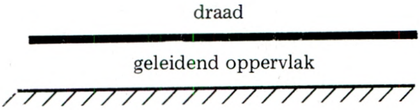
Het ontvangen signaal wordt door de ontvanger verder verwerkt (versterkt, gedemoduleerd enz.), zodat aan de uitgang de over te dragen informatie (spraak, muziek, TV-beeld enz.) als eindprodukt van de draadloze overdracht verschijnt. De antenne is dus enerzijds het medium tussen de zender en de vrije ruimte, waar zich de voortplanting van de elektromagnetische golven afspeelt (de zendantenne), anderzijds vormt hij het medium tussen de vrije ruimte en de ontvanger (de ontvangstantenne). Een antenne kan ook als een omzetter van hoogfrequentstromen naar elektromagnetische golven (bij zenden), resp. van elektromagnetische golven naar hoogfrequentstromen (bij ontvangen) gezien worden.

De antenne is en blijft de belangrijkste schakel van elke draadloze verbinding. De beste zender (met groot zendvermogen, goede modulatie eigenschappen enz.) en de beste ontvanger (met b.v. een hoge gevoeligheid) zijn nutteloos, als de zend- of de ontvangsantenne het laten afweten. De zorg waarmee CB-vrienden de voor hun toepassing geschiktste antenne uitkiezen is dus gerechtvaardigd. Omdat in Nederland richtingsgevoelige antennes in de CB-communicatie niet toegelaten zijn, mag men van geen enkel ter beschikking staand antennetype, wat betreft de reikwijdte, wonderen verwachten.

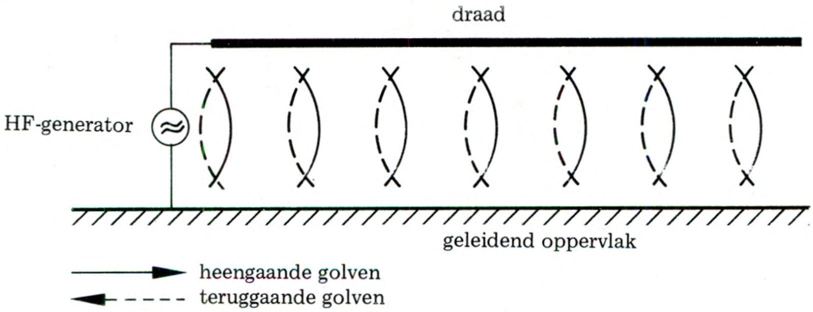
Eén doel kan men echter wel nastreven: het volledig benutten van de mogelijkheden die de toegelaten staafantennes bieden. Een goed rendement van de antenne, een goede aanpassing tussen antenne en CB-apparaat en een gunstige opstelling zijn hierbij belangrijke factoren.

4.2 De staafantenne

De vakman maakt een onderscheid tussen de elektromagnetische golven die zich in de vrije ruimte voortplanten en geleide elektromagnetische golven, die zich in een gesloten systeem voortplanten. Een dergelijke „gesloten ruimte“ wordt in afbeelding 94 aanschouwelijk gemaakt. Zij bestaat uit een geleidend oppervlak en een geleider (b.v. een stuk draad). In feite is dit een schematische voorstelling van een asymetrische geleider, zoals de coaxiaalkabel. Als dit systeem op een HF-generator (b.v. een zender) aangesloten wordt, dan plant zich tussen de geleidende oppervlakte en de draad een elektromagnetische golf voort. Het gaat hierbij om een geleide golf, omdat hij in de gesloten ruimte tussen de twee elementen ontstaat. De elektromagnetische golven die op deze manier opgewekt zijn, planten zich tot aan het einde van de geleider voort (heengaande golven).



Afb. 94: Ontstaan van een HF-leiding uit een geleidend oppervlak en een stuk draad



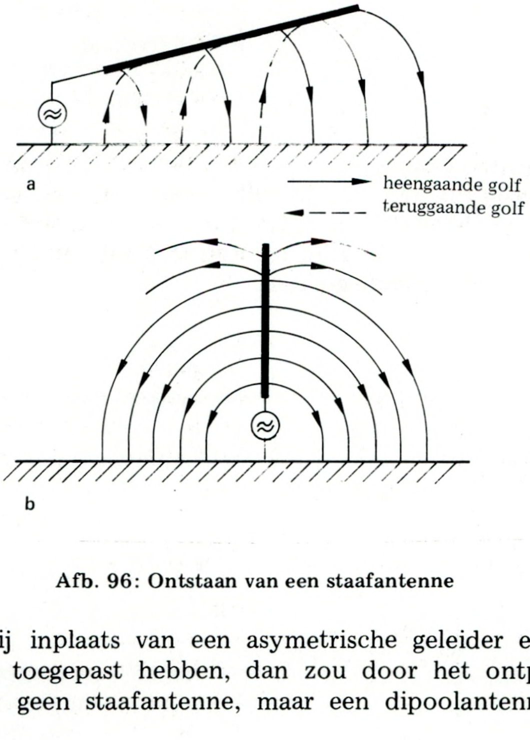
Afb. 95: Geleide elektromagnetische golven kunnen niet uitgestraald worden

Op dit punt is een verdere voortplanting in dezelfde richting onmogelijk en zij worden gereflecteerd naar de HF-generator (gereflecteerde golven).

Laten wij veronderstellen dat de draad van afbeelding 95 een

hoek van 45° met de geleidende bodem maakt (afb. 96a). In zo'n geval kunnen de elektromagnetische golven al iets in de vrije ruimte komen en gedeeltelijk uitgestraald worden. De overige elektromagnetische golven worden natuurlijk weer gereflecteerd naar de zender.

Afbeelding 96b toont een opstelling waarbij de geleider loodrecht op het geleidende oppervlak staat en zo een verticale staafantenne vormt. Deze opstelling biedt natuurlijk tegenover de systemen van afbeelding 95 en 96a een veel betere mogelijkheid tot uitstraling, omdat het door de HF-energie opgewekte elektromagnetische veld veel gemakkelijker in de vrije ruimte kan komen.

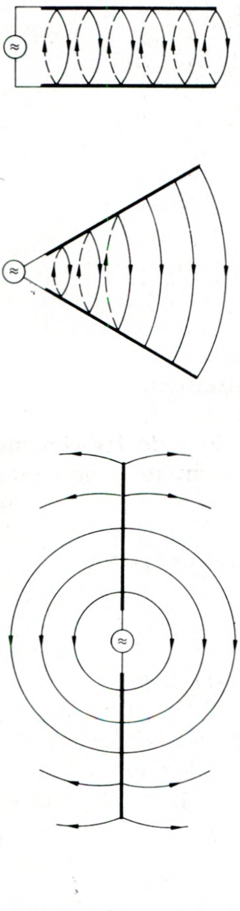


Afb. 96: Ontstaan van een staafantenne

Zouden wij inplaats van een asymetrische geleider een symetrische geleider toegepast hebben, dan zou door het ontplooien van deze geleider geen staafantenne, maar een dipoolantenne ontstaan zijn (afb. 97).

4.3 Elektromagnetische golven, antennes, grondgolven en reikwijdte

Een der meest revolutionaire ontdekkingen van de moderne wetenschap is zonder twijfel de ontdekking van het bestaan van elektromagnetische golven door de engelse natuurkundige Maxwell in 1864 en de experimentele bevestiging daarvan door de duitse natuurkundige Hertz in de jaren 1885 tot 1889.



Afb. 97: Ontstaan van een dipoolantenne

Maxwell nog Hertz dachten trouwens aan het toepassen van elektromagnetische golven voor het draadloos overbrengen van informatie. Beiden waren zuivere wetenschapsmensen en interesseerden zich er alleen voor nog niet bekende natuurfenomenen op het spoor te komen.

Eerst later kwamen Marconi, Popow en anderen op het idee berichten door middel van elektromagnetische golven over te brengen. Wat zijn nu echter die elektromagnetische golven, die ons heden ten dage overal begeleiden en die voor duizenden toepassingen zulke goede diensten bewijzen.

De theoreticus spreekt van de wisselwerking tussen elektrische en magnetische velden, die tot het ontstaan van elektromagnetische golven voeren.

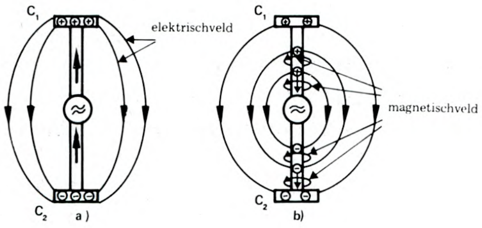
Vanuit zijn gezichtspunt is een brandende kaars, net zo goed als de antenne van een zender, de bron van elektromagnetische golven. Ten eerste is echter de frequentie van de door de brandende kaars uitgestraalde golven wezen-

lijk hoger dan de door de antenne uitgestraalde golven. Ten tweede straalt de antenne gepolariseerde golven uit, de kaars daarentegen ongepolariseerde golven.

Hoe het uitstralen bij een antenne tot stand komt brengt afbeelding 98 in beeld.

Deze afbeelding geeft het elektrisch schema van de dipoolantenne van afbeelding 97. De dipoolantenne wordt hier voorgesteld met aan beide uiteinden de platen C_1 en C_2.

Men kan zich voorstellen dat deze antenne is ontstaan uit een symetrische geleider en een condensator, wiens platen uit elkaar getrokken worden (afb. 99). De HF-generator wekt allereerst een stroom in een bepaalde richting op (98a). Hierdoor wordt de condensator opgeladen, zodat tussen de platen C_1 en C_2 een elektrischveld ontstaat.



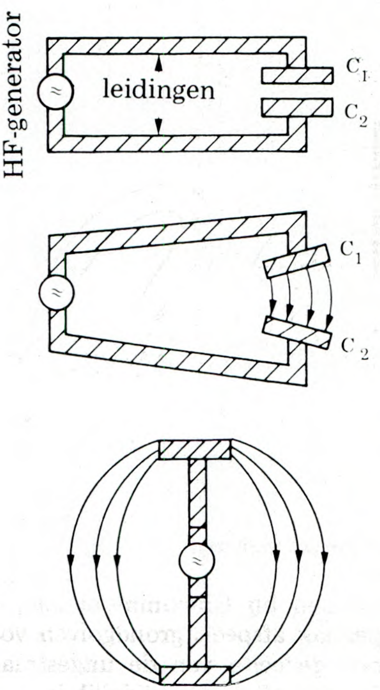
Afb. 98: Afstralingsmechanisme van een antenne

Dit elektrische veld bezit een bepaalde door de HF-generator geleverde energie. Als de stroom ophoudt, begint de condensator zich te ontladen en het elektrische veld verdwijnt (98b). Tegelijk ontstaat echter om de antenne heen een magnetischveld. Bij het verdwijnen van het elektrischveld keert een deel van de daarin aanwezige energie naar de antenne terug. Een ander deel van de elektrische energie wordt in magnetische energie omgezet, die in het zich om de antenne gevormde magnetische veld vloeit.

Alleen dat gedeelte van de elektrische en magnetische energie, dat te ver van de antenne verwijderd is om nog daar naar terug te keren, wordt in de vorm van elektromagnetische golven afgestraald.

Het op deze manier opgewekte elektromagnetische veld plant zich in de vrije ruimte zoals ook licht rechtlijnig en zonder verliezen voort, zodat met minimaal vermogen grote afstanden kunnen worden overbrugd.

De voortplanting van elektromagnetische golven in de onmiddelijke nabijheid van het aardoppervlak, welke soort voortplanting voor de CB-amateur van bijzonder belang is, wordt echter door de invloed



Afb. 99: Ontstaan van een antenne uit een leiding en een condensator

van dit aardoppervlak nogal wat gecompliceerder. Dit geldt niet alleen voor de voortplanting van golven in heuvelachtig gebied, waar talrijke niet te controleren reflekties optreden, maar vooral voor de voortplanting van elektromagnetische golven in het stadscentrum, waar zich grote gebouwen enz. bevinden.

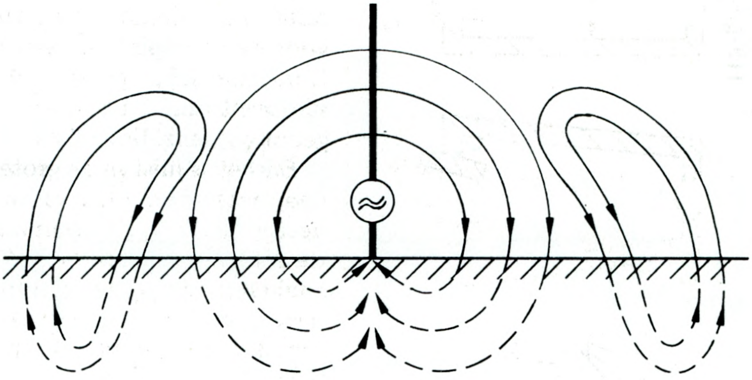
En het is juist in de grote steden, waar zich een groot gedeelte van het CB-communicatie gebeuren zal afspelen. Onafhankelijk van de vorm van het terrein is de aardbodem, gezien vanuit het oogpunt van zijn geleidende eigenschappen, een combinatie van een slechte geleider en een slechte isolator. Als een elektromagnetische golf zich in de buurt van het aardoppervlak voortplant, dan dringen de elektromagnetische velden voor een deel in de aardbodem, waardoor dan elektrische stromen door de bodem zullen vloeien.

Een deel van de energie van deze elektromagnetische golven wordt daardoor in warmte omgezet en gaat derhalve voor de communicatie verloren.

Aangezien echter ook de magnetische velden van de golven voor een deel in de aardbodem dringen, ontstaan naast de normale stromen ook wervelstromen, die van hun kant ook de aardbodem verwarmen en waardoor dus nog een gedeelte van de energie van de elektromagnetische golven verloren gaat. De grootte van dit energieverlies hangt af van de snelheid waarmee de magnetische velden van de golven wijzigen en neemt met de frequentie van deze golven toe.

De verliezen zijn het grootst bij de antennes, waarbij het aardoppervlak in de direkte omgeving van de antenne, deelneemt aan het ontstaan van de elektromagnetische golven (afb. 100). Dit soort gevallen

treden echter bij CB-antennes niet zo vaak op, aangezien bij de meeste CB-antennes elektrische tegencapaciteiten (autocarrosserie of z.g.



Afb. 100: Ontstaan van grondgolven

radials) toegepast worden. Toch komen bij CB-communicatie, die zich in de buurt van het aardoppervlak afspeelt grondgolven voor, waardoor het verlies van een groot gedeelte van de uitgestraalde energie aan verwarming van het aardoppervlak, onvermijdelijk is.

De in de CB-band, door middel van grondgolven, haalbare reikwijdte ligt daarom tussen de 30 en 40 km. Bij een frequentie van 100 MHz zou deze reikwijdte trouwens nog aanmerkelijk gereduceerd worden.

Grotere reikwijdten kunnen alleen met behulp van direkte golven (b.v. optisch zicht van berg tot berg) of door reflecties in de ionosfeer bereikt worden.

4.4 Frequentie en golflengte

De frequentie (f) van een golf is het aantal trillingen per seconde. De golflengte (λ) is de afstand tussen twee punten op de golf die zich in dezelfde trillingstoestand bevinden (afb. 101).

Frequentie wordt in Hertz uitgedrukt, veelvouden van Hz zijn kilohertz (kHz), megahertz (MHz) en gigahertz (GHz). Tabel 3 laat

de verhoudingen tussen Hz, kHz, MHz en GHz zien.

Tabel 3: Verhoudingen tussen Hz, kHz, MHz en GHz

	Hz	kHz	MHz	GHz
Hz	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}
kHz	10^{3}	1	10^{-3}	10^{-6}
MHz	10^{6}	10^{3}	1	10^{-3}
GHz	10^{9}	10^{6}	10^{3}	1

Voorbeeld 1:

De frequentie van een trilling bedraagt 15 kHz.
Wat is de frequentie in Hz, MHz en GHz?

Oplossing:
In tabel 3 lezen we af:

$$15 \text{ kHz} = 15 \times 10^{3} = 15000 \text{ Hz}$$
$$15 \text{ kHz} = 15 \times 10^{-3} = 0{,}015 \text{ MHz}$$
$$15 \text{ kHz} = 15 \times 10^{-6} = 1{,}5 \times 10^{-5} \text{ GHz}$$

Voorbeeld 2:

De frequentie van een zender bedraagt 148 MHz.
Wat is de frequentie in Hz, kHz en GHz?

In tabel 3 lezen we af:

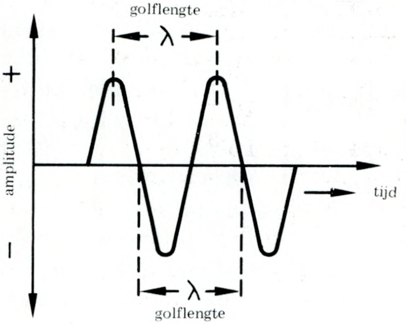
$$148 \text{ MHz} = 148 \times 10^{6} = 1{,}48 \times 10^{8} \text{ Hz}$$
$$148 \text{ MHz} = 148 \times 10^{3} = 1{,}48 \times 10^{5} \text{ kHz}$$
$$148 \text{ MHz} = 148 \times 10^{-3} = 0{,}148 \text{ GHz}$$

Tussen de golflengte λ en de frequentie f bestaat de eenvoudige betrekking:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Daarin is:

λ = golflengte (m)
f = frequentie (Hz)
c = lichtsnelheid in de vrije ruimte (3×10^8 m/sec)



Afb. 101: De golflengte λ is de afstand tussen twee punten op de golf die zich in dezelfde trillingstoestand bevinden

CB-zendapparatuur zendt op een frequentie van ongeveer 27 MHz uit. De golflengte van de uitgestraalde elektromagnetische golven is dan ook ongeveer

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300\,000\,000}{27\,000\,000} \approx 11 \text{ m}$$

4.5 Eigenschappen van antennes

Elke antenne kan, afhankelijk van de manier waarop hij is geconstrueerd, door de volgende eigenschappen worden gedefinieerd:

- Impedantie
- Stralingsdiagram
- Versterking
- Polarisatie
- Voor/achterverhouding
- Rendement
- Bandbreedte

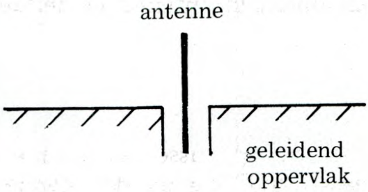
4.5.1 Impedantie

De impedantie of de ingangsweerstand is de complexe impedantie, die een antenne aan de ingang heeft.

Deze weerstand is de som van een ohmse weerstand en een — inductieve of capacitieve — schijnweerstand. Ter verduidelijking zullen

we afbeelding 102 nader beschouwen. Hier is op een geleidende plaat een HF-connector gemonteerd en ook is de binnengeleider met een stuk draad verlengd.

De lengte van deze draad, die een staafantenne voorstelt, is 20 cm. De werkfrequentie is 27 MHz (11 m). De lengte van de toegepaste staafantenne is dus in verhouding tot de gebruikte golflengte klein. Met behulp van een HF-meetbrug of een andere impedantiemeter proberen we nu de ingangsweerstand te meten. Wie een dergelijke meting al eens uitgevoerd heeft, weet dat de ingangsweerstand een complexe grootheid met de vorm $Z = R \pm j \cdot X$ is, d.w.z. uit een ohmse weerstand R en een induktieve of capacitieve weerstand $\pm j \cdot X$ is opgebouwd. Ook zal dan bekend zijn dat de ohmse weerstand R, zowel absoluut als in verhouding met het imaginaire gedeelte, zeer klein is. Vergroten wij nu de lengte van de draad stapsgewijs tot 40, 80 en 160 cm, dan kan men bij elke meting van de complexe weerwtand Z vaststellen, dat het ohmse gedeelte van de weerstand (ook het reëele gedeelte genoemd) zowel absoluut, als in verhouding tot het imaginaire gedeelte, toeneemt.



Afb. 102: Ter verduidelijking van de impedantie van een antenne

De complexe weerstand $Z = R \pm j \cdot X$ beschouwt men als de ingangsweerstand, resp. de impedantie van een antenne. Het reëele gedeelte noemt men de stralingsweerstand en deze weerstand is voor het uitstralingseffect van een antenne verantwoordelijk. Afhankelijk van de frequentie is het imaginaire gedeelte van de ingangsimpedantie capacitief of induktief. Bij het aanpassen van een antenne aan een zender, resp. een ontvanger doet men in feite niets anders dan het compenseren van het capacitieve of induktieve gedeelte van deze impedantie en het reëele gedeelte van de impedantie gelijk maken aan de uitgangsweerstand van de zender, resp. de ingangsweerstand van de ontvanger.

4.5.2 Stralingsdiagram

De manier waarop een antenne de aan hem toegevoerde energie in de vorm van elektromagnetische golven uitstraalt, noemt men het stralingsdiagram.

Er zijn antennes, die bijna gelijkmatig in alle richtingen uitstralen (z.g. rondstralers) en antennes die in één bepaalde richting meer HF-energie uitstralen dan in de andere richtingen (z.g. richtingsgevoelige antennes of richtantennes). Een antenne die in alle richtingen precies evenveel HF-energie uitstraalt bestaat echter niet.

Een dergelijke antenne is, ook theoretisch, uitgesloten. Toch is zo'n antenne als referentie voor de algemene definitie van de versterking van een antenne van belang en wordt onder het begrip isotropische straler of kogelstraler aangeduid. Het stralingspatroon van een antenne, ook stralingsdiagram genoemd, is altijd gerefereerd aan omstandigheden in de vrije ruimte, waar de antenne dus zonder hinder van omliggende obstakels kan uitstralen.

Tussen dit theoretische stralingsdiagram en het werkelijke stralingsdiagram van een antenne, die zich in de buurt van het aardoppervlak bevindt, bestaan grote verschillen, die men echter door theoretische berekeningen, als ook door experimentele metingen kan vaststellen.

Het voorgaande werd aan de hand van een zendantenne geformuleerd. Hetzelfde geldt echter voor een ontvangstantenne, zodat het in dit verband niet noodzakelijk is verschil tussen beide antennetypes te maken. Met betrekking tot het stralingsdiagram betekent dit, dat een antenne zowel als zendantenne, als ontvangstantenne hetzelfde stralingspatroon heeft.

4.5.3 Versterking

De versterking van een antenne is de verhouding tussen de energiedichtheid (stralingssterkte) in één bepaalde richting en de energiedichtheid van een met hetzelfde vermogen gevoede referentie-antenne.

Als referentie-antenne dient de isotropische straler, die gelijkmatig in iedere richting uitstraalt. Een dergelijke antenne bestaat, zoals reeds werd opgemerkt niet, maar er zijn verschillende antennes waarvan de versterking ten opzichte van een isotropische straler bekend is, zodat deze antennes als referentie-antennes kunnen dienen.

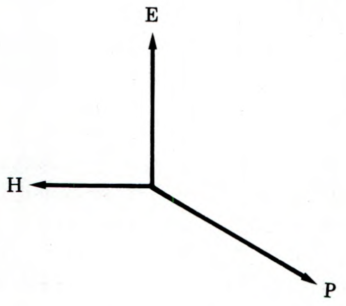
Eén van deze antennes is de $\lambda/2$-dipoolantenne. Deze heeft ten opzichte van een isotropische straler een versterking van 2,15 dB en kan daarom in plaats van de isotropische straler als referentie-antenne gebruikt worden om de versterking te definiëren. Het vermelden van de versterking van een antenne zonder aan te geven ten opzichte waarvan deze versterking gedefinieerd is, heeft geen waarde.

Als versterking van de referentieantenne wordt gemakshalve 0 dB (een vermogensverhouding van 1 : 1) aangenomen. Afhankelijk van het feit of de versterking t.o.v. de isotropische straler of t.o.v. de λ/2-dipool zelf gedefinieerd is heeft een λ/2-dipool dus een versterking van resp. 2,15 of 0 dB. De versterking van een antenne kan ook negatieve waarden aannemen (b.v. -5 of -2 dB).

Dit betekent, dat de antenne een ongelijkmatig stralingsdiagram heeft. Indien sprake is van negatieve waarden, dan moeten er ook plaatsen in het stralingsdiagram zijn waar de versterking positief is, aangezien de som van het in alle richtingen uitgestraalde vermogen 0 dB moet zijn.

4.5.4 Polarisatie

Het begrip „elektromagnetische golven“ geeft aan, dat deze golven uit elektrische en magnetische velden bestaan, die loodrecht op elkaar staan (zie afbeelding 103). Men kan zich een elektromagnetische golf voorstellen als twee vektoren — een elektrische vektor E en een magnetische vektor H —. Loodrecht op deze vektoren staat een andere vektor de z.g. pointsche vektor P, die voor het energietransport van de elektromagnetische golven verantwoordelijk is. Onder de polarisatie van een elektromagnetische golf verstaat men nu de positie waarin de elektrische vektor zich bevindt als de golf zich voortbeweegt.



Afb. 103: Een elektromagnetische golf bestaat altijd uit een elektrisch- (vector E) en een magnetischveld (vector H), die loodrecht op elkaar en op de Pointsche vector (P) staan. De Pointsche vector stelt de energiedrager van het elektromagnetische veld voor.

Men spreekt daarbij van horizontaal gepolariseerde golven als de elektrische vektor zich in horizontale positie bevindt en van vertikaal als deze zich vertikaal t.o.v. het aardoppervlak bevindt. Een staafantenne, die vertikaal ten opzichte van het aardoppervlak opgesteld is, wekt vertikaal gepolariseerde velden op.

Horizontaal gemonteerd brengt dezelfde antenne horizontaal gepola-

riseerde velden voort. Naast vertikaal resp. horizontaal gepolariseerde golven, die men ook lineair gepolariseerde golven noemt, bestaan er ook nog circulair gepolariseerde golven en wel linksom en rechtsom draaiend.

Bij CB-apparatuur is er altijd sprake van lineaire en in het bijzonder van vertikaal gepolariseerde golven.

Vertikaal gepolariseerde golven kunnen niet met horizontaal gepolariseerde antennes en horizontaal gepolariseerde golven kunnen niet met vertikaal gepolariseerde antennes ontvangen worden. Het is daarom van het grootste belang, voor zender en ontvanger, altijd antennes met dezelfde polarisatie te gebruiken. In de praktijk treden zulke duidelijke verschillen tussen de verschillende vormen van polarisatie echter niet op, aangezien we met reflekties te maken hebben en reflekties polarisatiedraaiingen veroorzaken, zodat steeds een combinatie van vertikaal en horizontaal gepolariseerde golven ter beschikking staat.

4.5.5 Voor/achterverhouding

Op een CB-bijeenkomst liet een CB-amateur mij onlangs een zelfgebouwde antenne zien die naar zijn mening een versterking had van 7,5 dB.

Toen wij wat dieper op de door hem toegepaste meetmethode ingingen bleek al gauw dat hij niet de versterking, maar de voor/achterverhouding, van de door hem geconstrueerde antenne gemeten had. Dit trouwens ook nog onder twijfelachtige omgevingsomstandigheden. De eigenschap van een antenne, die men voor/achterverhouding noemt heeft trouwens alleen een richtingsgevoelige antenne.

Hij wordt ook in dB's uitgedrukt, maar heeft met de versterking van een antenne totaal niets te maken. Deze verhouding geeft alleen aan hoe groot de energiedichtheid van de hoofdlob van het stralingsdiagram ten opzichte van de achterlob van dezelfde antenne is. Normale Yagi-antennes hebben een voor/achterverhouding van ongeveer 20 dB.

Bij grote spiegelparabool-antennes worden daarentegen wel waarden van 60 dB bereikt.

4.5.6 Rendement

Het rendement η van een antenne is de verhouding tussen het door

deze antenne uitgestraalde vermogen en het door de zender toegevoerde vermogen, resp. de verhouding tussen het vermogen dat aan de ontvangstantenne aangeboden wordt en het ontvangen vermogen.

Voorbeeld:

Het aan een antenne toegevoerde vermogen is 0,5 W. Wat is het rendement van de antenne, als het uitgezonden vermogen 0,2 W is?

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} = \frac{0,2}{0,5} = 0,4 = 40\ \%$$

In het genoemde voorbeeld gaat 0,3 W van het totale vermogen van 0,5 W verloren.

Staafantennes, zoals ze in de CB-techniek toegepast worden, hebben in de regel maar weinig verliezen.

Toch kan het rendement afhankelijk van de omgeving waar de antenne opgesteld staat nog relatief laag zijn. Gaan we nog éénmaal terug naar de antenne van afbeelding 100, wat in de praktijk een antenne voor een vaste post zou kunnen zijn. Welliswaar zijn antennes voor vaste posten meestal van tegencapaciteiten (radiaal aangebrachte metalen staven) voorzien, maar toch kan het aardoppervlak afhankelijk van de hoogte van de mast of het gebouw waarop de antenne is gemonteerd, de uitstraling van deze antenne zodanig beïnvloeden en verliezen teweeg brengen, dat het rendement aanmerkelijk lager wordt.

Antennes van portabele CB-apparatuur zijn het gevoeligst voor invloeden van het aardoppervlak. De velden van de door de antenne opgewekte elektromagnetische golven dringen zowel door de lichamen van de gebruikers van de apparatuur, als door het aardoppervlak in zijn onmiddelijke omgeving heen. Het menselijk lichaam is — elektrisch gezien — een slechte geleider, waardoor grote verliezen in de, door de antenne uitgestraalde elektromagnetische golven ontstaan.

Dit heeft tot gevolg dat het rendement van de antenne aanmerkelijk achteruit gaat. Rendementswaarden van 30% zijn bij draagbare apparaten beslist gewoon. Voor wat betreft het rendement brengen mobiele posten die in voertuigen (auto's enz.) gemonteerd zijn, er het beste af. Weliswaar wordt ook in dit geval de uitstraling van de antenne door het aardoppervlak beïnvloed, maar de carrosserie van het voertuig zorgt als het ware voor een natuurlijke tegencapaciteit, die de krachtlijnen van de elektromagnetische velden met geringe ver-

liezen geleid. Al naar gelang de grootte en mate van geleiding van de carrosserie in verhouding tot de golflengte (in ons geval 11 m) kan het rendement van de antenne waarden van 60 tot 70% bereiken.

4.5.7 Bandbreedte

Onder de bandbreedte van een antenne verstaat men het frequentiebereik waarbinnen de eigenschappen van de antenne niet veranderen.

CB-antennes hebben altijd een grotere bandbreedte dan de breedte van de beschikbare 11-meterband (27,005 - 27,135 MHz). Wat dit betreft zullen we dus geen problemen hoeven te verwachten.

4.6 Kant en klare CB-antennes van de industrie

4.6.1 Algemeen

Wie het aanbod aan industriële produkten voor de CB-amateur nauwgelet volgt, zal met verbazing vaststellen, dat voortdurend elkaar snel opvolgende, nieuwe types antennes met toebehoren aangeboden worden.

Net zoals bij de CB-apparatuur zelf, maakt men ook hier verschil tussen antennes voor mobiele posten en voor vaste posten. Antennes voor mobiele posten zijn meestal antennes zonder tegencapaciteit, maar ze hebben meestal wel een verlengingsspoel, waardoor de mechanische lengte zo klein als maar mogelijk gemaakt wordt. Antennes voor vaste posten zijn daarentegen meestal voorzien van tegencapaciteiten.

Meestal worden hierbij dan geen verlengingsspoelen toegepast, omdat in de meeste gevallen bij het opstellen van deze antennes geen beperkingen voor wat betreft lengte bestaan. Indien echter, ook bij de antennes voor vaste posten, rekening gehouden dient te worden met weinig plaats, kunnen natuurlijk ook hier verlengingsspoelen toegepast worden.

4.6.2 CB-antennes voor mobiele posten

Voor mobiele posten, die in voertuigen worden gemonteerd, wordt meestal gebruik gemaakt van staafantennes met verlengingsspoelen.

Op zeil- en motorjachten daarentegen worden in de regel de langere staafantennes zonder spoelen toegepast omdat hier voldoende plaats ter beschikking is.

4.6.3 CB-antennes voor vaste posten

CB-antennes voor vaste posten onderscheiden zich door de volgende punten van antennes voor mobiele posten.

Enerzijds zijn vaste posten meestal in gebouwen geïnstalleerd, waar in de regel voldoende ruimte hiervoor aanwezig is, zodat men niet hoeft te schipperen met de afmetingen van de vaste post (en zijn antenne).

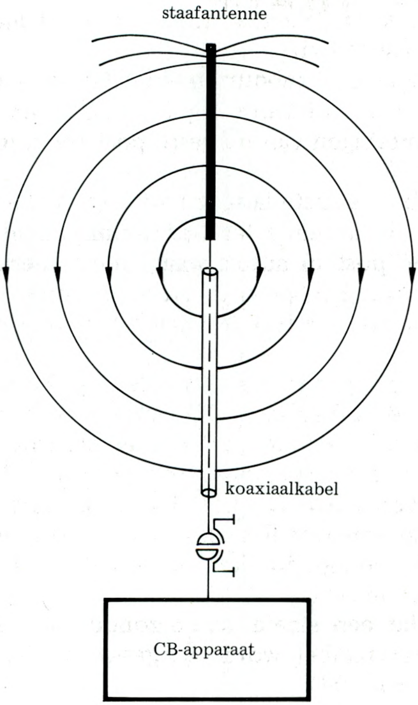
Anderzijds heeft men hier bij de installatie meestal geen metalen oppervlakten als bodem voor de antenne ter beschikking, zoals bij het installeren van een mobiele post in auto's waar de carosserie als zodanig gebruikt kan worden, wel het geval is. Antennes voor vaste posten moeten daarom meestal van een tegencapaciteit worden voorzien.

Een staafantenne moet altijd op een metalen plaat gemonteerd worden, die in verhouding tot de gebruikte golflengte groot is. Deze plaat dient als tegenpool van de staafantenne. Het elektrische veld dat door een dergelijke antenne wordt opgewekt, bouwt zich op tussen de antenne en de metalen plaat. Uit het elektrische veld ontstaat het magnetische veld. Het samenspel tussen het elektrische en het magnetische veld voert uiteindelijk tot het opwekken en de uitstraling van het elektromagnetische veld.

Laten we eens aannemen, dat een staafantenne zonder een tegencapaciteit direkt aan een coaxiaalkabel wordt aangesloten, die met het CB-apparaat verbonden is (afb. 104).

Wie een dergelijke opstelling al eens heeft uitgeprobeerd, heeft kunnen vaststellen, dat de antenne uitstraalt. Op welke manier de uitstraling plaatsvindt en de nevenverschijnselen onttrekken zich echter van iedere controle. De krachtlijnen van het elektrische veld, dat door deze antenne wordt opgewekt, eindigen op de buitenmantel van de coaxiaalkabel, waardoor elektrische stromen door deze kabel tot aan het CB-apparaat gaan lopen. Waar echter HF-stromen vloeien, worden ook elektromagnetische golven uitgestraald. De buitenmantel van de coaxiaalkabel wordt dus, met andere woorden, zelf een soort antenne, die samen met de eigenlijke staafantenne het stralingsdiagram van de totale opstelling bepaalt. Dit stralingsdiagram kan, al naar gelang de lengte en de positie van de kabel de vreemdste vormen aannemen.

Hierbij komt, dat een groot gedeelte van de HF-energie in warmte wordt omgezet, waardoor het rendement van de antenne afneemt. Ook de aanpassing tussen de staafantenne en het CB-apparaat is ver-



Afb. 104: Foutieve aansluiting van een staafantenne aan een coaxiaalkabel

stoord, waardoor nog meer energieverliezen op de koop toe moeten worden genomen.

Om de hierboven beschreven problemen te vermijden moet de staafantenne, of op een metalen grondplaat worden gemonteerd, of van radiaal aangebrachte metalen staven worden voorzien. In het laatste geval moeten de staven (radials) zo groot mogelijk en in geen geval kleiner dan $\lambda/4$ zijn. Ook moet het aantal radials zo groot mogelijk zijn.

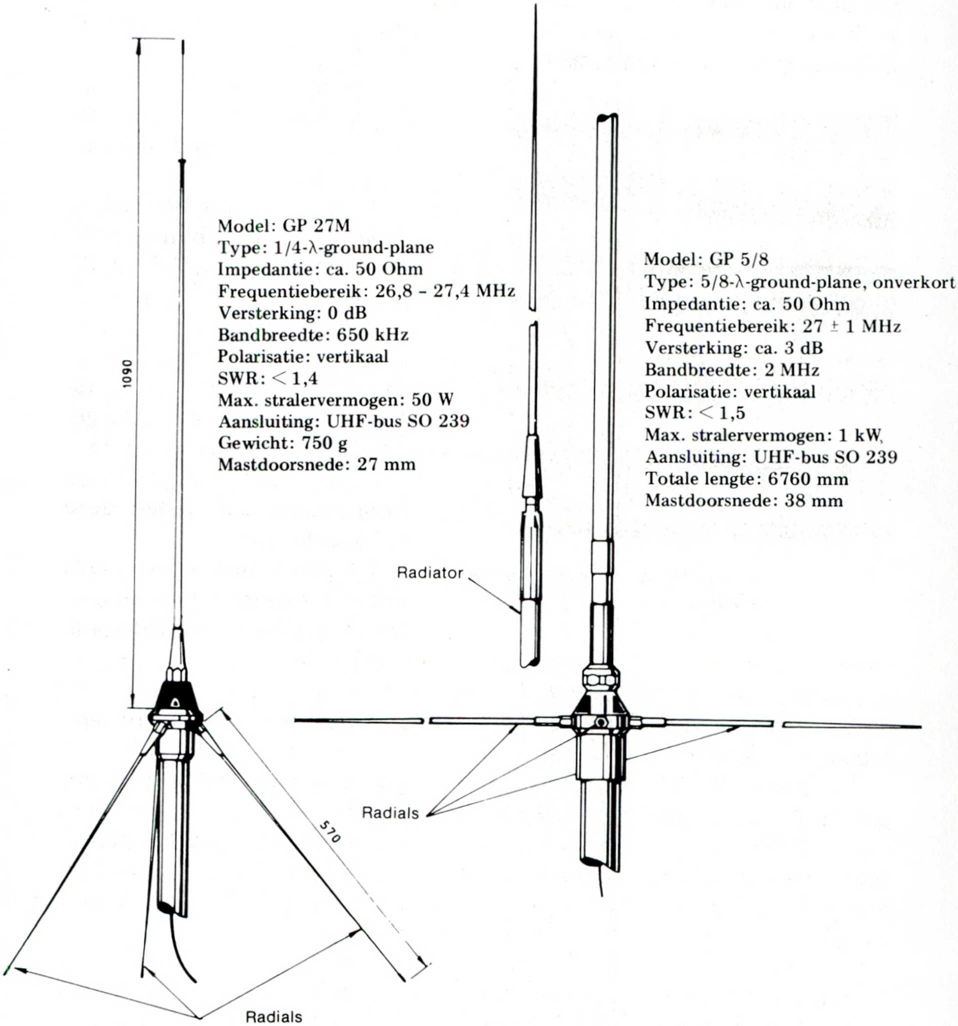
Hoe meer radials worden toegepast, des te beter zal de opstelling, elektrisch gezien, het ideale geval van een oneindige metalen aardmat benaderen. De hoek die de radials met de staafantenne vormen beïnvloeden het stralingsdiagram van de opstelling aanzienlijk.

De gunstigste hoek voor een gelijkmatige uitstraling ligt ongeveer bij 135°.

4.7 De coaxiaalkabel

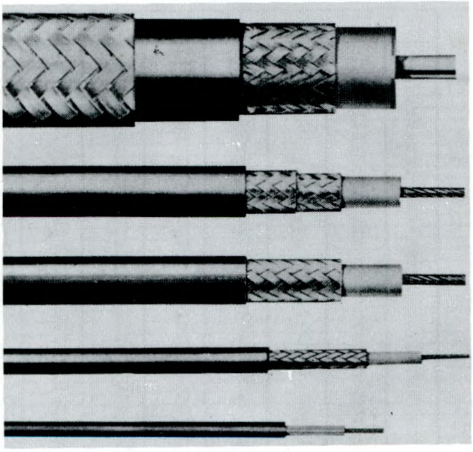
De verbinding tussen de antenne en het CB-apparaat gebeurt in de regel met behulp van een coaxiaalkabel.

Zijn functie is enerzijds het geleiden van de zendenergie naar de antenne en anderzijds het geleiden van de ontvangen HF-energie naar de ontvanger. Natuurlijk kan men in plaats van coaxiaalkabels ook andere kabelsoorten toepassen, maar de in- en uitgang van moderne CB-



Afb. 105: Voorbeelden van antennes voor vaste posten met tegencapaciteit (radials), inclusief de juiste en uitvoerige specificaties

apparatuur zijn altijd met coaxiaalconnectoren voorzien. Zou men bijvoorbeeld een lintkabel willen gebruiken, zoals vaak in de TV-techniek wordt toegepast, dan zouden grote problemen voor wat betreft de aanpassing en de symmetrering optreden.



Afb. 106: **Verschillende soorten coaxiaalkabels**

In afbeelding 106 zijn enige coaxiaalkabels weergegeven uit het veelvoud aan verkrijgbare types.

Al deze kabels bestaan in principe uit een binnengeleider en een buitengeleider. Zij vormen daardoor een geleider met een bepaalde karakteristieke impedantie, waarvan de waarde afhangt van de doorsnede van de beide geleiders en de diëlektrische constante van het gebruikte isolatiemateriaal tussen deze beide geleiders.

CB-apparatuur heeft, zoals bekend, een in-/uitgangsweerstand van 50 Ω. Bij CB-apparatuur dient dan ook, om een juiste aanpassing te behouden, gebruik gemaakt te worden van kabels met 50 Ω impedantie.

Zo'n type kabel is b.v. de RG-58C/U (het meest toegepaste type kabel).

Er bestaan de meest uitéénlopende types coaxiaalkabel, die al naar gelang de toepassing, werkfrequentie, vermogen, toelaatbare verliezen enz. ingezet worden. De coaxiaalkabel welke ons het meest interesseert, bestaat uit een binnengeleider van meerdere dunne adertjes en een gevlochten buitengeleider. Het isolatiemateriaal, dat zich tussen deze beide geleiders bevindt, is meestal polyethyleen.

Er zijn echter ook kabels met minder verliezen, waarbij het isolatiemateriaal uit teflon bestaat. De buitengeleider van de kabel wordt meestal met behulp van een isolerend omhulsel beschermd. Naast de impedantie van een coaxiaalkabel is ook de dempingsfaktor die de kabel heeft van grote betekenis. Deze dempingsfaktor is van verschillende grootheden zoals de werkfrequentie, afmetingen van de geleiders en het soort isolatiemateriaal tussen de geleiders, afhankelijk.

De dempingsfaktor geeft de in de kabel optredende verliezen per

meter aan. De coaxiaalkabel RG-58C/U heeft in de CB-band (27 MHz) een demping van ongeveer 0,1 dB per meter. De demping van deze kabel is, tenminste voor korte kabels te verwaarlozen. Bij grotere lengtes, zoals bij vaste posten kunnen voorkomen, dient men wel degelijk met de optredende kabeldemping rekening te houden en zal van geval tot geval de demping berekend moeten worden zodat eventueel maatregelen genomen kunnen worden.

4.7.1 Hoe lang mag de coaxiaalkabel tussen CB-apparatuur en de antenne zijn?

Mobiele posten zijn meestal in voertuigen ingebouwd en dan zal de afstand tussen antenne en CB-apparaat slechts enkele meters zijn.

De door de onmisbare verbindingskabel ontstane demping zal daarom overéénkomstig klein zijn en kan als regel verwaarloosd worden. Totaal andere omstandigheden kunnen bij vaste posten optreden. Hier kan het voorkomen dat tussen antenne en het CB-apparaat afstanden van 10,20 meter of meer overbrugd dienen te worden.

De vraag hoe lang deze verbindingskabel maximaal mag zijn, moet nu wel gesteld worden. Deze vraag is eenvoudig te beantwoorden, zodra men het type coaxiaalkabel dat gebruikt wordt en de demping per meter bij 27 MHz kent.

Ter verduidelijking nemen we als voorbeeld de in de CB-techniek het meest toegepaste type kabel, de RG-58 C/U. Dit type kabel heeft bij 27 MHz een demping van 0,08 dB per meter. Bij een lengte van 37,5 meter treedt dus een totale demping van 0,08 x 37,5 = 3 dB op.

Deze demping komt overeen met een vermogensverzwakking van 0,5 maal. Dit betekent dat in het geval dat gezonden wordt, slechts de helft (50%) van het zendvermogen de antenne bereikt en uitgezonden wordt. De andere helft gaat op de weg van de zender naar de antenne verloren en wordt in de kabel in warmte omgezet. Van het zendvermogen van onze CB-zender, t.w. 0,5 Watt, blijft aan het einde van de kabel derhalve dan ook nog maar 0,25 Watt over.

Bij ontvangst wordt het door de antenne ontvangen HF-signaal eveneens door de kabel gedempt, zodat aan de ingang van de ontvanger een nog kleiner signaal dan het door de antenne ontvangen signaal ter beschikking staat. Een demping van 3 dB (om bij de getallen van ons vorige voorbeeld te blijven), betekent hier dus ook een vermogensverlies van 0,5 (50%). Dit komt overeen met een verslechtering van de ontvangervoeligheid met een faktor 1,41 of 41% voor het geval de gevoeligheid in spanningseenheden (b.v. μV) aangegeven

Tabel 4: De invloed van de verbindingskabel tussen antenne en CB-apparaat op de prestaties van het apparaat

type kabel	RG - 58 C/U			RG - 213		
lengte (m)	demping (dB)	vermindering van het zend-vermogen (%)	verslechtering van de ont-vangerge-voeligheid (%)	demping (dB)	vermindering van het zend-vermogen (%)	verslechtering van de ont-vangerge-voeligheid (%)
5,0	0,45	10	5	0,15	3	1,7
7,5	0,67	14	8	0,22	5	2,5
10,0	0,90	19	11	0,30	7	3,5
12,5	1,12	23	13	0,37	8	4,3
15,0	1,35	27	17	0,45	10	5,3
20,0	1,80	34	23	0,60	13	7,2
25,0	2,25	40	29	0,75	15	9,0
30,0	2,70	47	36	0,90	19	11,0
40,0	3,60	57	51	1,20	24	15,0
50,0	4,50	65	68	1,50	29	18,8

wordt. Als de gevoeligheid van een CB-ontvanger b.v. 1 μV is, dan moet de antenne 1,41 μV leveren, om de oorspronkelijke signaal/ruisverhouding (zonder kabel) weer te bereiken. In tabel 4 is de vermindering van het zendvermogen en de verslechtering van de gevoeligheid van de ontvanger, voor verschillende lengtes verbindingskabel gegeven (in procenten).

Deze waarden zijn gespecificeerd voor het gebruikelijke type kabel RG-58 C/U, als ook voor het duurdere type RG-213. Dit laatste type heeft, zoals blijkt, een geringere demping dan het type RG-58 C/U.

Hierbij enige voorbeelden:

Voorbeeld 1:
De verbindingskabel tussen antenne en CB-apparaat in een vaste post heeft een lengte van 12,5 meter. Wat is de invloed op de prestaties van het station als het type kabel RG-58 C/U wordt gebruikt?

Oplossing:
In tabel 4 vinden we, dat het zendvermogen met 23% wordt gereduceerd. Als het zendvermogen 0,5 W is, dan bedraagt het overblijvende vermogen dus; 0,5 - 0,5 x 0,23 = 0,385 W. Ook de gevoeligheid van de ontvanger wordt met een faktor 1,13 ofwel 13% slechter.

Als de gevoeligheid van de ontvanger 0,7 μV is, dan moet de door de antenne te leveren spanning 0,7 x 1,13 = 0,79 μV bedragen, om aan de uitgang van de ontvanger dezelfde signaal/ruisverhouding te hebben.

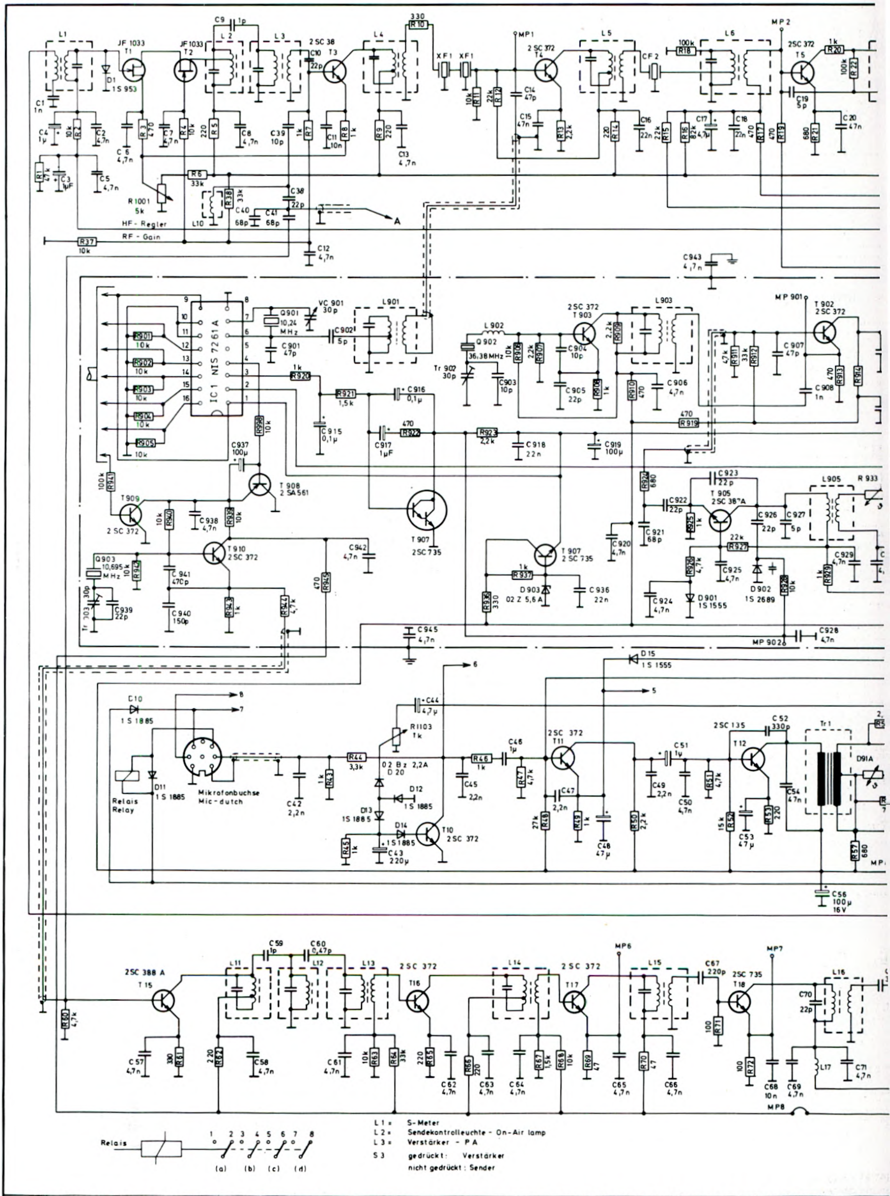
Voorbeeld 2:
De verbindingskabel tussen antenne en CB-apparaat in een vaste post heeft een lengte van 50 meter. Wat is de invloed van deze kabel, als kabel van het type RG-213 toegepast wordt?

Oplossing:
In tabel 4 vinden we, dat het zendvermogen met 29% wordt gereduceerd. Als het zendvermogen b.v. 0,4 Watt is, dan bedraagt het overblijvende vermogen dus; 0,4 - 0,4 x 0,29 = 0,284 W. Ook wordt de gevoeligheid van de ontvanger met een faktor 1,188 ofwel 18,8% slechter.

Als de gevoeligheid van de ontvanger 0,35 μV is, dan moet de door de antenne te leveren spanning, 0,35 x 1,188 = 0,4158 μV bedragen, om aan de uitgang van de ontvanger dezelfde signaal/ruisverhouding te hebben.

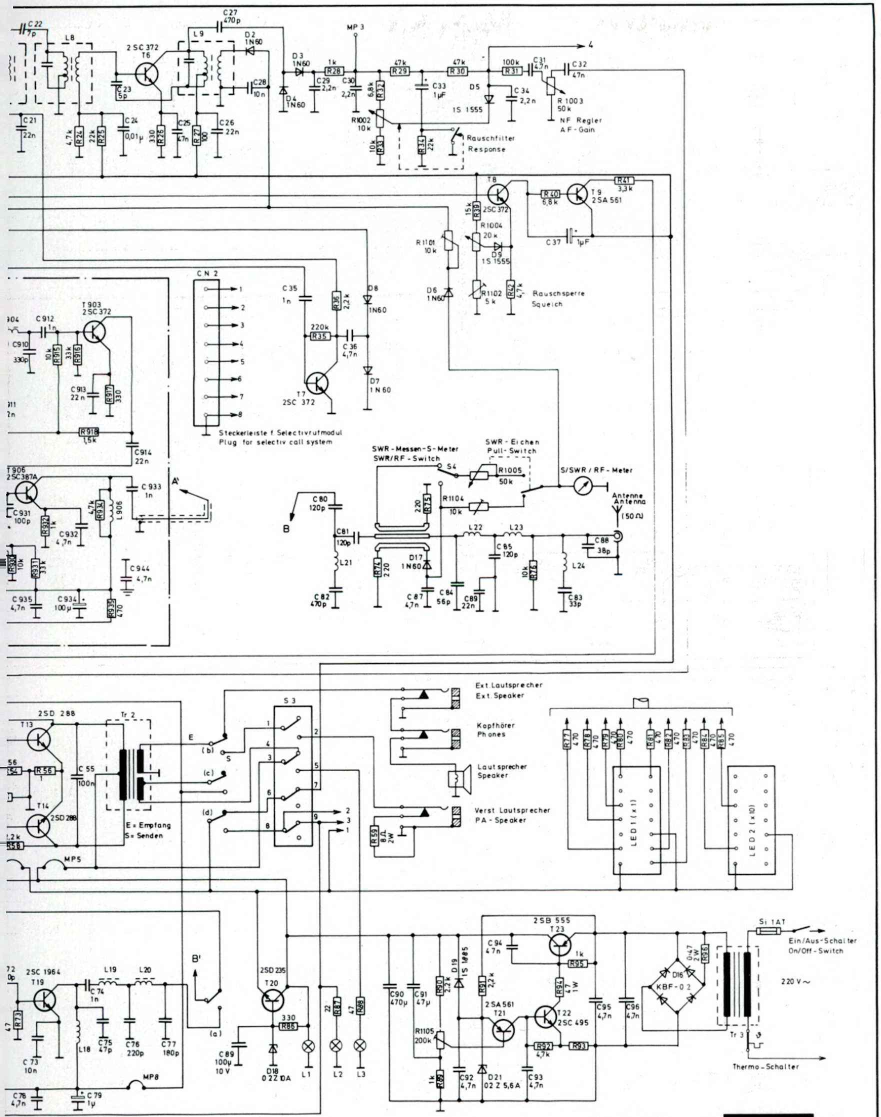
AANHANGSEL

Schema's van CB-apparatuur



C : C1, C939, C2, C6, C7. C941, C938, C937, C8, C901, C39, C41, C10, C42, C11, C902, C43, C13, C916, C44, C45, C46, C903, C14, C918, C47, C904, C936, C919, C16, C920, C921, C50, C906, C67, C17, C923, C18, C52, C926, C907, C908, C56, C20, C72,
C4, C3, C5, C57, C940, C58, C40, C59, C38, C12, C60, C915, C61, C924, C917, C945, C62, C63, C64, C15, C905, C48, C65, C49, C924, C922, C66, C943, C925, C53, C68, C69, C54, C927, C70, C928, C71, C929, C930

R : R1, R2, R901, R902, R905, R3, R4, R6, R5, 1001, R7, R8, R43, R44, R45, R8, R9, R10, R922, R11, R12, R923, R12, R906, R907, R13, R908, R14, R909, R910, R50, R70, R919, R925, R926, R51, R52, R917, R19, R53, R22, R20, R913, R933,
R60, R941, R903, R904, R942, R61, R940, R939, R943, R998, R944, R920, R945, R921 R63, R64, 1103 R65, R936, R66, R46, R47, R937, R67, R68, R48, R49, R50, R69, R924, R15, R18, R17, R911, R71, R72, R912, R927 R928, R921, R21, R914, R929,



Änderungen vorbehalten!
ALTERATIONS RESERVED!

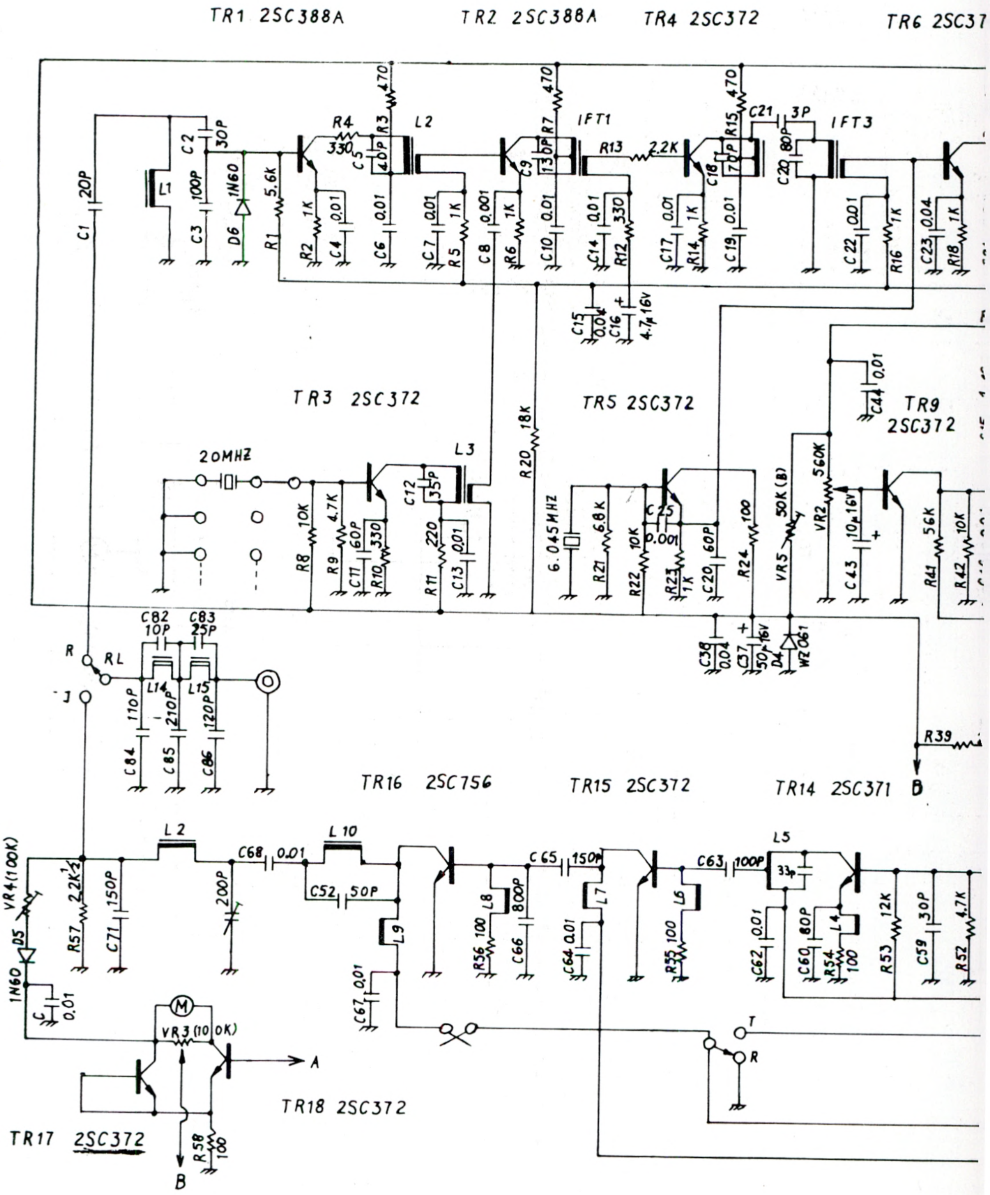
Schaltbild
CIRCUIT DIAGRAM

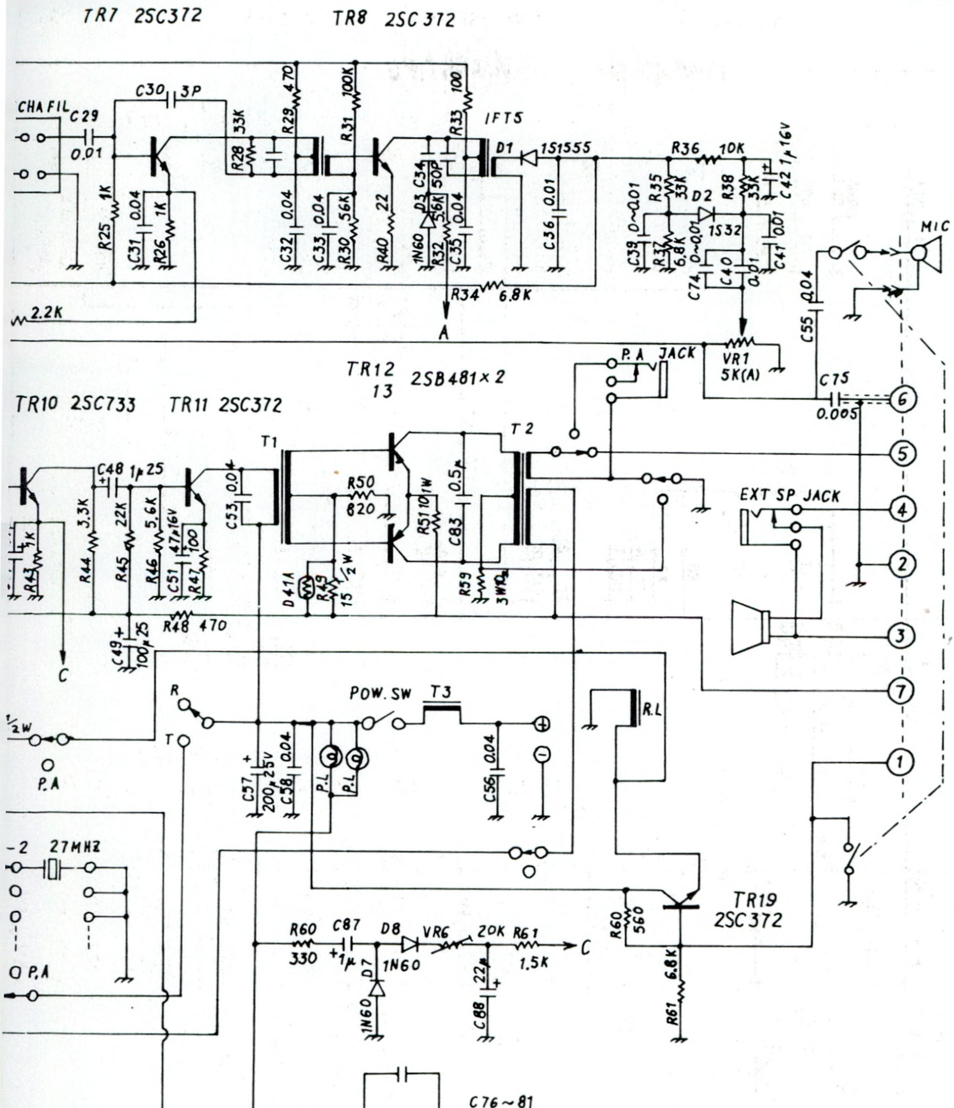
GRUNDIG

CBH 1000

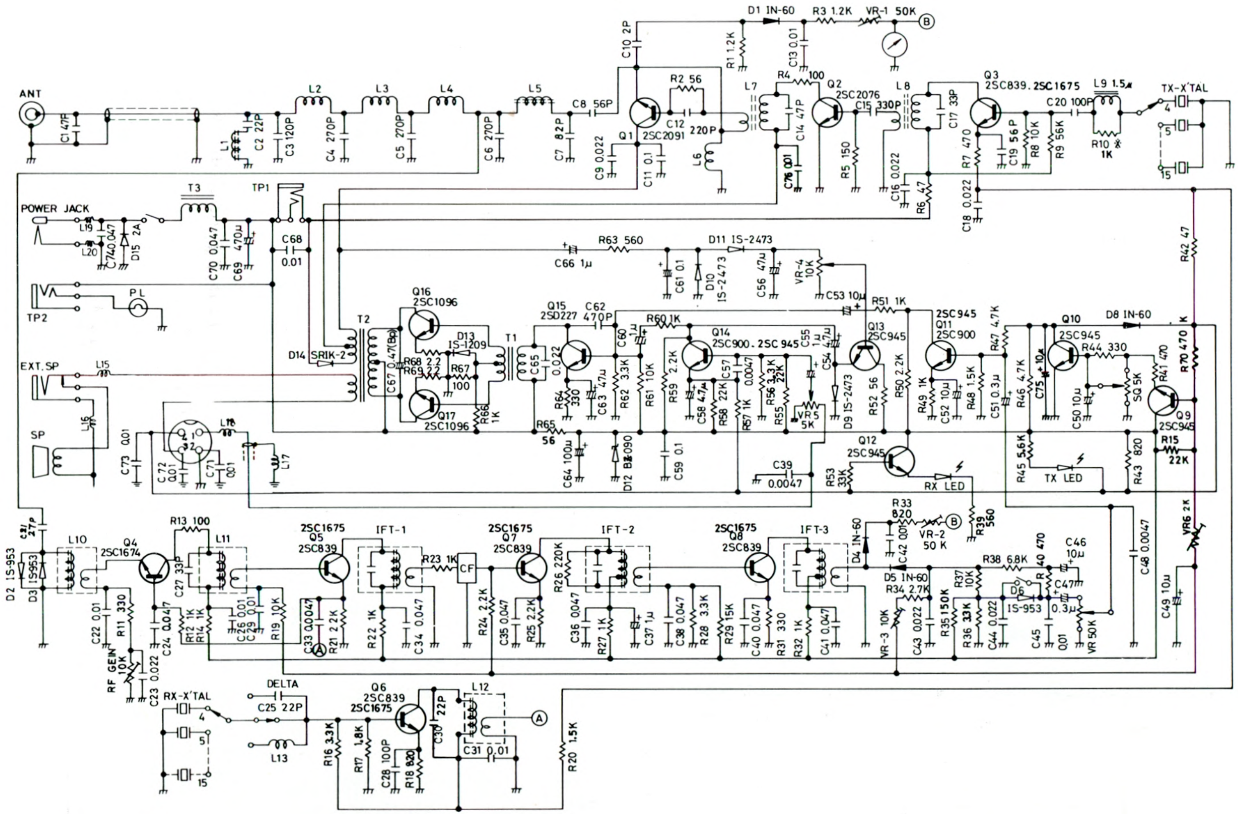
(E 58001)

09, C21, C22, C910, C912, C934, C55, C913, C74, C24, C76, C914, C25, C27, C35, C29, C80, C36, C30, C90, C91, C33, C92, C94, C93, C34, C31, C37, C32, C95, C96.
C911, C938, C73, C935, C78, C79, C932, C75, C23, C944, C933, C77, C89, C26, C28, C82, C81, C87, C84, C89, C85, C83, C88,
, R58, R56, R23, R55, R918, R24, R25, R26, R27, R86, R28, R36, R29, R37, R74, R75, R89, R30, R39, 1101, 1004, R31, R94, R77, R78, R79, R41, R81, R82, R83, R84, R85, 1003,
. R73, R30, R31, R32, R915, R934, R935, R917, 1002, R35, R87, R88, R38, R59, R34, R90, R34, R91, 1005, R42, R76, R92, R95, R93, 1102, R80, 1104, R96.

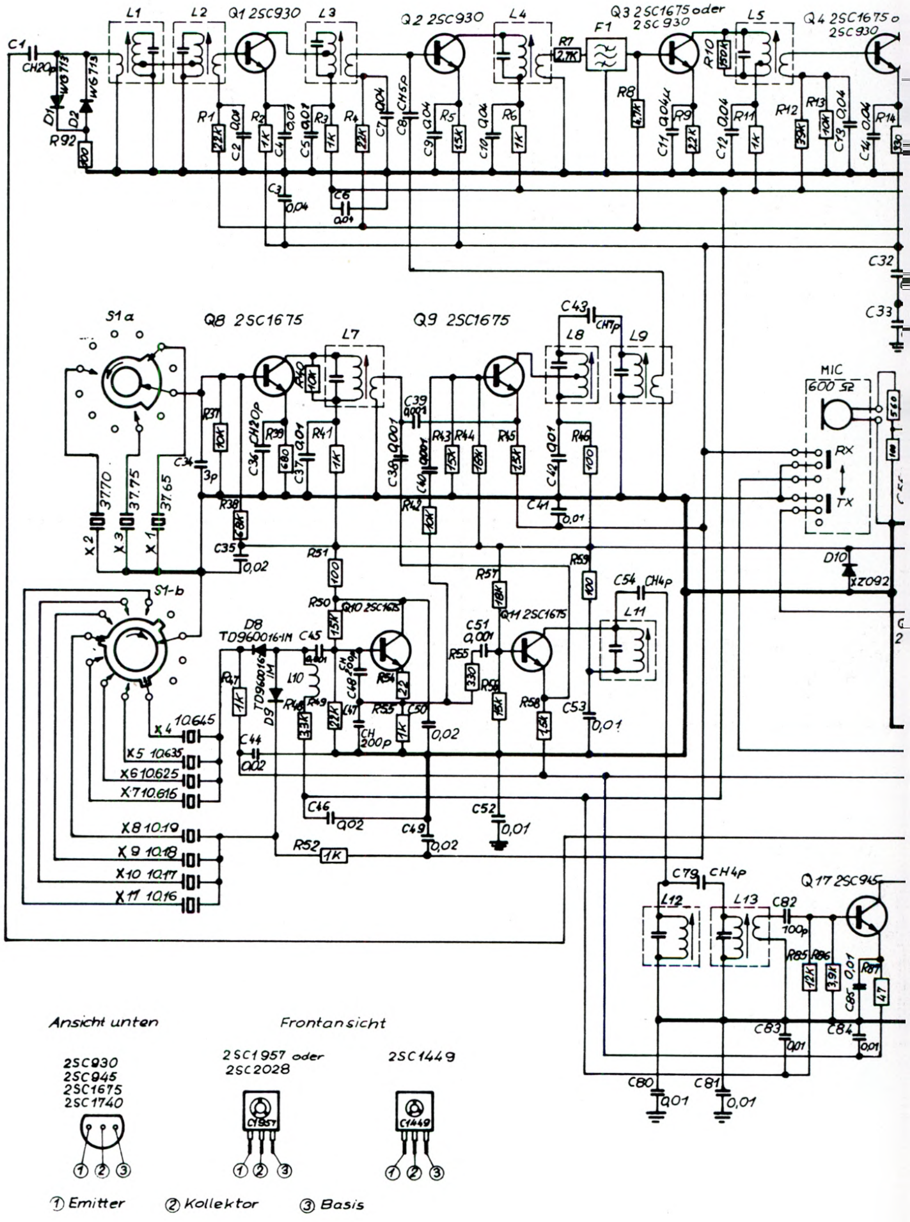

TR1 2SC388A
TR2 2SC388A
TR4 2SC372
TR6 2SC37
TR3 2SC372
TR5 2SC372
TR9 2SC372
TR16 2SC756
TR15 2SC372
TR14 2SC371
TR18 2SC372
TR17 2SC372
C1 20P
L1
C2 30P
C3 100P
D6 1N60
R1 5.6K
R2 1K
C4 0.01
R4 330
R3 470
C5 40P
L2
C6 0.01
C7 0.01
R5 1K
C8 0.001
R6 1K
C9
R7 470
130P
IFT1
C10 0.01
R13 2.2K
C14 0.01
R12 330
C15 0.04
C16 4.7μ16V
C17 0.01
R14 1K
C18
R15 470
70P
C19 0.01
C21 3P
C20 80P
IFT3
C22 0.01
R16 1K
C23 0.04
R18 1K
C44 0.01
20MHZ
R8 10K
R9 4.7K
C11 60P
R10 330
C12 35P
L3
R11 220
C13 0.01
R20 18K
6.045MHZ
R21 6.8K
R22 10K
C25 0.001
R23 1K
C20 60P
R24 100
VR5 50K(B)
VR2 560K
C43 10μ16V
R41 56K
R42 10K
C38 0.04
C37 50μ16V
D4 WZ061
CB2 10P
CB3 25P
R
RL
J
L14
L15
C84 110P
C85 210P
C86 120P
R39
B
VR4(100K)
D5 1N60
R57 2.2K
C71 150P
L2
200P
C68 0.01
L10
C52 50P
L9
C67 0.01
L8
R56 100
C66 800P
C65 150P
L7
C64 0.01
L6
R55 100
C63 100P
L5
33P
C62 0.01
C60 80P
L4
R54 100
R53 12K
C59 30P
R52 4.7K
C 0.01
M
VR3 (100K)
A
R58 100
B
T
R



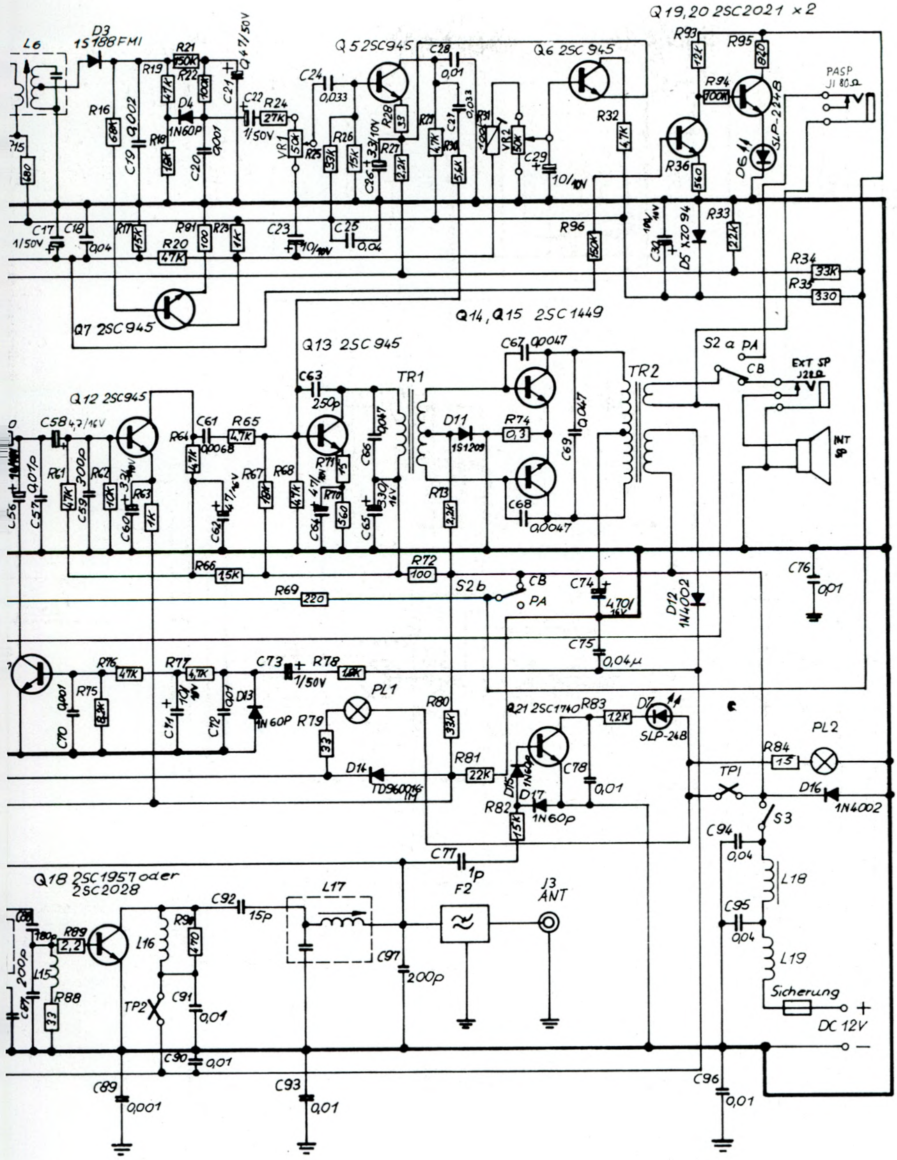
TR7 2SC372
TR8 2SC372
CHA FIL
C29 0.01
C30 3P
R25 1K
C31 0.04
R26 1K
R28 33K
R29 470
C32 0.04
C33 0.04
R31 100K
R30 56K
R40 22
R33 100
IFT5
D3 1N60
C34 50P
R32 5.6K
C35 0.04
D1 1S1555
C36 0.01
R34 6.8K
A
2.2K
R36 10K
R35 33K
D2 1S32
R38 33K
C42 1μ16V
C39 0~0.01
R37 6.8K
C74 0~0.01
C40 0.01
C41 0.01
VR1 5K(A)
MIC
C55 0.04
C75 0.005
P.A JACK
TR12 13 2SB481×2
TR10 2SC733
TR11 2SC372
T1
T2
C48 1μ25
C53 0.04
R50 820
C83 0.5μ
R51 10 1W
R43 1K
R44 3.3K
R45 22K
R46 5.6K
C51 47μ16V
R47 100
D41A
R49 15 1/2W
R59 3W
R48 470
C49 100μ25
C
EXT SP JACK
1/2W
P.A
R
T
POW. SW
T3
C57 200μ25V
C58 0.04
P.L
P.L
C56 0.04
R.L
-2 27MHZ
P.A
TR19 2SC372
R60 560
R61 6.8K
R60 330
C87 1μ
D8 1N60
D7 1N60
VR6 20K
R61 1.5K
C88 22μ
C76~81 0.04
1
2
3
4
5
6
7



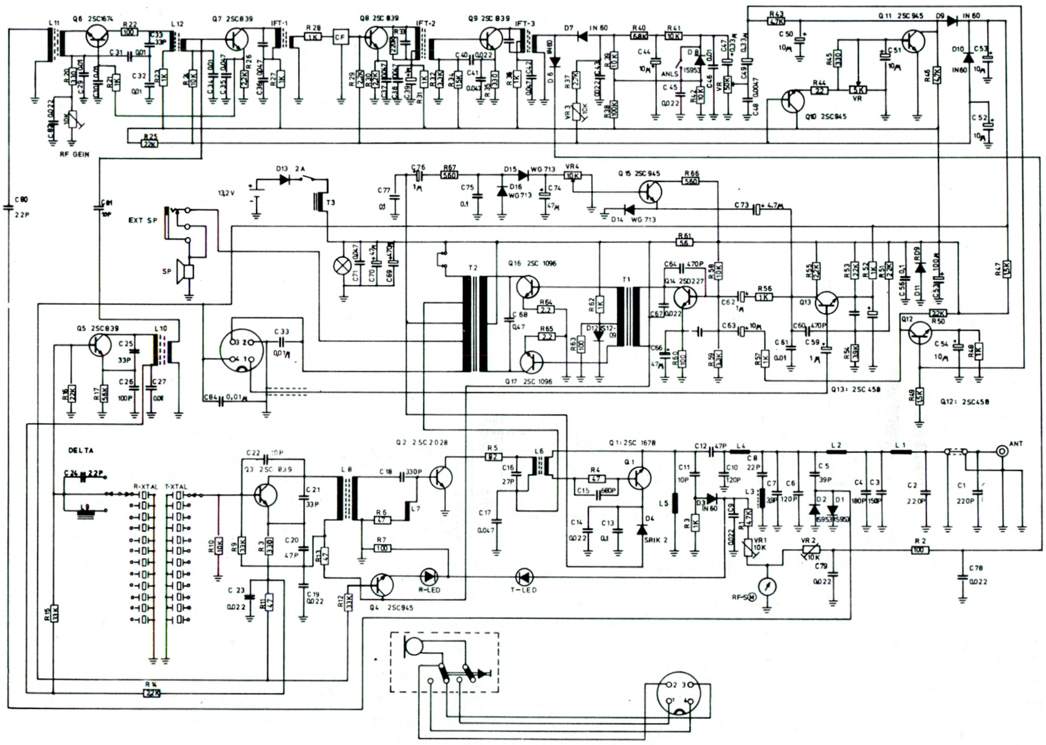
ANT
C1 47P
L1
C2 22P
C3 120P
L2
C4 270P
L3
C5 270P
L4
C6 270P
L5
C7 82P
C8 56P
C9 0.022
C10 2P
Q1 2SC2091
C11 0.1
R2 56
C12 220P
L6
R1 1.2K
D1 IN-60
C13 0.01
R3 1.2K
VR-1 50K
L7
R4 100
C14 47P
C76 0.01
Q2 2SC2076
R5 150
C15 330P
L8
C16 0.022
R6 47
C17 33P
Q3 2SC839. 2SC1675
R7 470
C18 0.022
C19 56P
R8 10K
R9 56K
C20 100P
L9 1.5μ
R10 1K
TX-X'TAL
4
5
15
POWER JACK
L19
L20
C74 0.047
D15 2A
T3
C70 0.047
C69 470μ
TP1
C68 0.01
TP2
PL
EXT. SP
L15
L16
SP
C73 0.01
C72 0.01
C71 0.01
L18
L17
T2
D14 SRIK-2
Q16 2SC1096
Q17 2SC1096
D13 IS-1209
R68 2.2
R69 2.2
R67 100
C67 0.47(BP)
R66 1K
T1
C65
Q15 2SD227
C62 470P
C66 1μ
R63 560
R64 330
C63 47μ
R65 56
C64 100μ
R62 3.3K
C60 1μ
R60 1K
R61 10K
D12 BZ-090
C61 0.1
D10 IS-2473
D11 IS-2473
Q14 2SC900. 2SC945
R59 2.2K
C58 4.7μ
R58 22K
C57 0.0047
R57 1K
C59 0.1
R56 3.3K
R55 22K
C55 1μ
VR5 5K
C56 47μ
VR-4 10K
C53 10μ
C54 4.7μ
D9 IS-2473
Q13 2SC945
R51 1K
R52 56
R50 2.2K
C39 0.0047
Q12 2SC945
R53 33K
RX LED
R39 560
Q11 2SC945 2SC900
R49 1K
C52 10μ
R48 1.5K
R47 4.7K
C51 0.3μ
R46 4.7K
R45 5.6K
Q10 2SC945
C75 10μ
R44 330
C50 10μ
SQ 5K
TX LED
D8 IN-60
R41 470
R70 470
Q9 2SC945
R43 820
R15 22K
R42 47
VR6 2K
C48 0.0047
C49 10μ
C21 27P
L10
D2 IS-953
D3 IS-953
Q4 2SC1674
R13 100
C22 0.01
R11 330
RF GEIN 10K
C23 0.022
C24 0.047
C27 33P
L11
R12 1K
R14 1K
C26 0.01
C29 0.01
R19 10K
2SC1675
Q5 2SC839
C33 0.0047
R21 2.2K
IFT-1
R22 1K
C34 0.047
R23 1K
CF
R24 2.2K
2SC1675
Q7 2SC839
C35 0.047
R25 2.2K
R26 220K
IFT-2
C36 0.047
R27 1K
C37 1μ
C38 0.047
R28 3.3K
R29 15K
2SC1675
Q8 2SC839
C40 0.047
R31 330
IFT-3
R32 1K
C41 0.047
D4 IN-60
C42 0.01
R33 820
VR-2 50 K
D5 IN-60
R34 2.7K
VR-3 10K
C43 0.022
R35 150K
R36 33K
R37 10K
C44 0.022
R38 6.8K
D6 IS-953
C45 0.01
C46 10μ
C47 0.3μ
VR 50K
RX-X'TAL
DELTA
C25 22P
L13
Q6 2SC839 2SC1675
R16 3.3K
R17 1.8K
C28 100P
R18 820
C30 22P
L12
C31 0.01
R20 1.5K



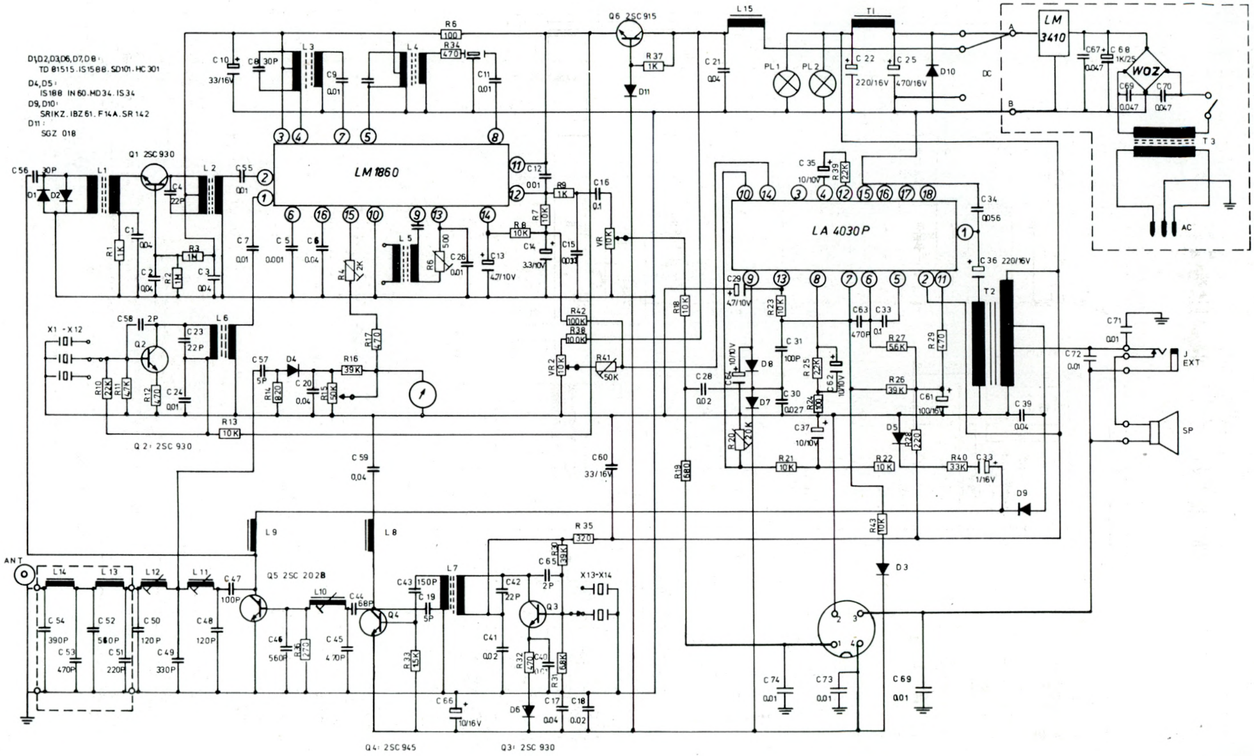
C1
CH20p
D1 W6713
D2 W6713
R92
L1
L2
Q1 2SC930
L3
Q2 2SC930
L4
R7 2,7K
F1
Q3 2SC1675 oder 2SC930
L5
Q4 2SC1675 o 2SC930
R1 22K
C2 0,01
R2 1K
C4 0,01
C5 0,01
R3 1K
R4 22K
C7 0,04
C8 CH5P
C9 0,04
R5 1,5K
C10 0,04
R6 1K
R8 4,7K
C11 0,04µ
R9 22K
R10 150K
C12 0,04
R11 1K
R12 33K
R13 10K
C13 0,04
C14 0,04
R14
C3 0,04
C6 0,04
C32
C33
S1 a
Q8 2SC1675
L7
Q9 2SC1675
C43 CH7p
L8
L9
MIC 600 Ω
RX
TX
R37 10K
C34 3p
C36 CH20p
R39 680
C37 0,01
R41 1K
C38 0,001
C39 0,001
C40 0,001
R43 1,5K
R44 1,8K
R45 1,5K
C42 0,01
R46 100
C41 0,01
R38 6,8K
C35 0,02
R42 10K
X2 37.70
X3 37.75
X1 37.65
R51 100
R57 18K
R59 100
C54 CH4p
L11
D10
XZ092
S1-b
D8 TD960016-1M
C45 0,001
R50 1,5K
Q10 2SC1675
C48 CH 200p
R54 22
C51 0,001
Q11 2SC1675
R55 330
D9 TD960016-1M
L10
R47 1K
R48 3,3K
R49 22K
L47
R53 1K
C50 0,02
R56 15K
R58 1,5K
C53 0,01
X4 10.645
X5 10.635
X6 10.625
X7 10.616
C44 0,02
C46 0,02
C49 0,02
C52 0,01
X8 10.19
X9 10.18
X10 10.17
X11 10.16
R52 1K
C79 CH4p
L12
L13
C82 100p
Q17 2SC945
R85 1,2K
R86 3,9K
C85 0,01
R87 47
C83 0,01
C84 0,01
C80 0,01
C81 0,01
Ansicht unten
2SC930
2SC945
2SC1675
2SC1740
Frontansicht
2SC1957 oder 2SC2028
C1957
2SC1449
C1449
① Emitter
② Kollektor
③ Basis



Q19,20 2SC2021 ×2
R93
R95
12K
820
R94
100K
SLP-224B
PASP
J1 80Ω
D6
R36
560
R33
22K
D5 XZ094
C30
R34
33K
R35
330
D3
1S188FM1
L6
R21
150K
R22
R19
47K
100K
D4
1N60P
R16
68K
C19
0,002
R18
18K
C20
0,001
C21
47/50V
C22
1/50V
R24
27K
VR1
50K
R25
Q5 2SC945
C24
0,033
C28
0,01
R28
33
R26
15K
33K
C26
33/10V
R27
2,2K
C27
0,033
R29
4,7K
R30
5,6K
R31
VR2
50K
C29
10/10V
Q6 2SC945
R32
4,7K
R96
150K
R15
680
C17
1/50V
C18
0,04
R17
15K
R20
47K
R91
100
R23
1K
C23
10/10V
C25
0,04
Q7 2SC945
Q14,Q15 2SC1449
Q13 2SC945
C67
0,0047
TR1
TR2
S2 a PA
CB
EXT SP
J2 8Ω
INT SP
Q12 2SC945
C63
250p
C58 4,7/16V
C61
0,0068
R65
4,7K
R64
47K
D11
1S1209
R74
0,3
C69
0,047
C66
0,047
R71
R61
47K
C59
300p
R62
10K
C60
33/10V
R63
1K
C57
0,01P
C56
C62
47/16V
R67
18K
R68
47K
C64
47/16V
R70
560
C65
330/16V
R73
2,2K
C68
0,0047
R66
1,5K
R72
100
S2b
CB
PA
R69
220
C74
470/16V
D12
1N4002
C76
0,01
C75
0,04μ
R76
47K
R77
4,7K
C73
1/50V
R78
1,5K
R75
3,3K
C70
0,001
C71
10/16V
C72
0,01
D13
1N60P
PL1
R79
33
R80
33K
Q21 2SC1740
R83
1,2K
D7
SLP-24B
PL2
R84
15
TP1
D16
1N4002
D14
TD960016 1M
R81
22K
D15
1N60P
C78
0,01
D17
1N60p
R82
1,5K
S3
C94
0,04
L18
C77
1p
Q18 2SC1957 oder 2SC2028
F2
J3
ANT
C95
0,04
L19
C92
15p
L17
C88
180p
R89
2,2
L16
R90
470
C97
200p
200P
L15
C87
R88
33
TP2
C91
0,01
Sicherung
+
DC 12V
−
C90
0,01
C89
0,001
C93
0,01
C96
0,01

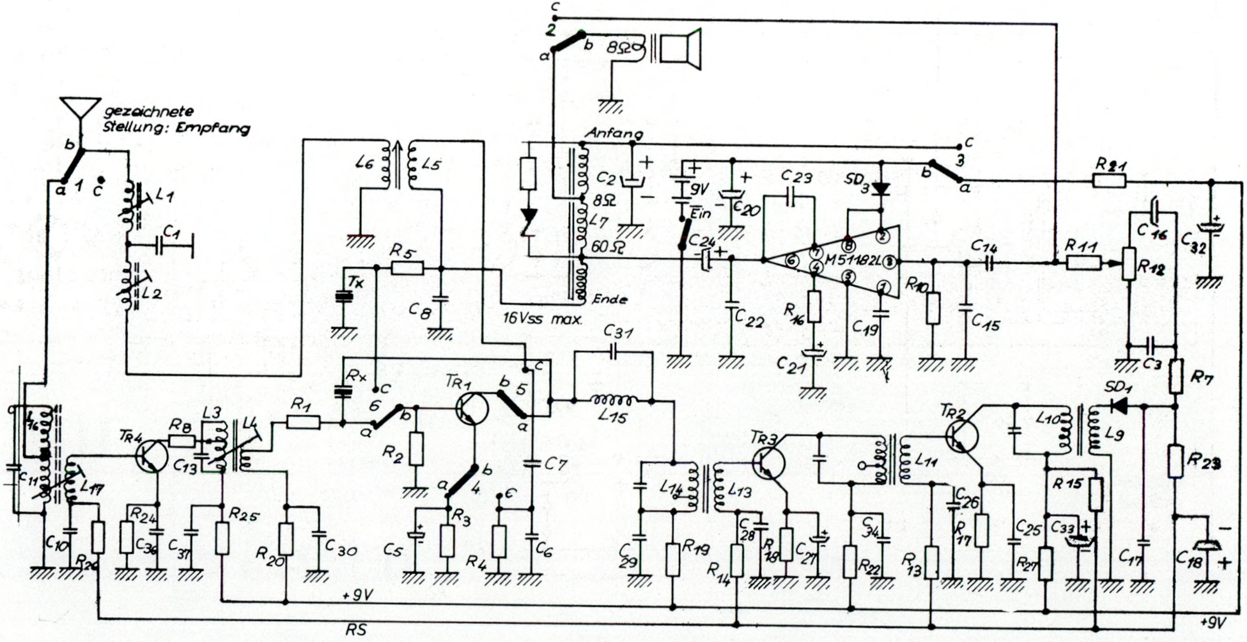


Stabo Stratofon M 12

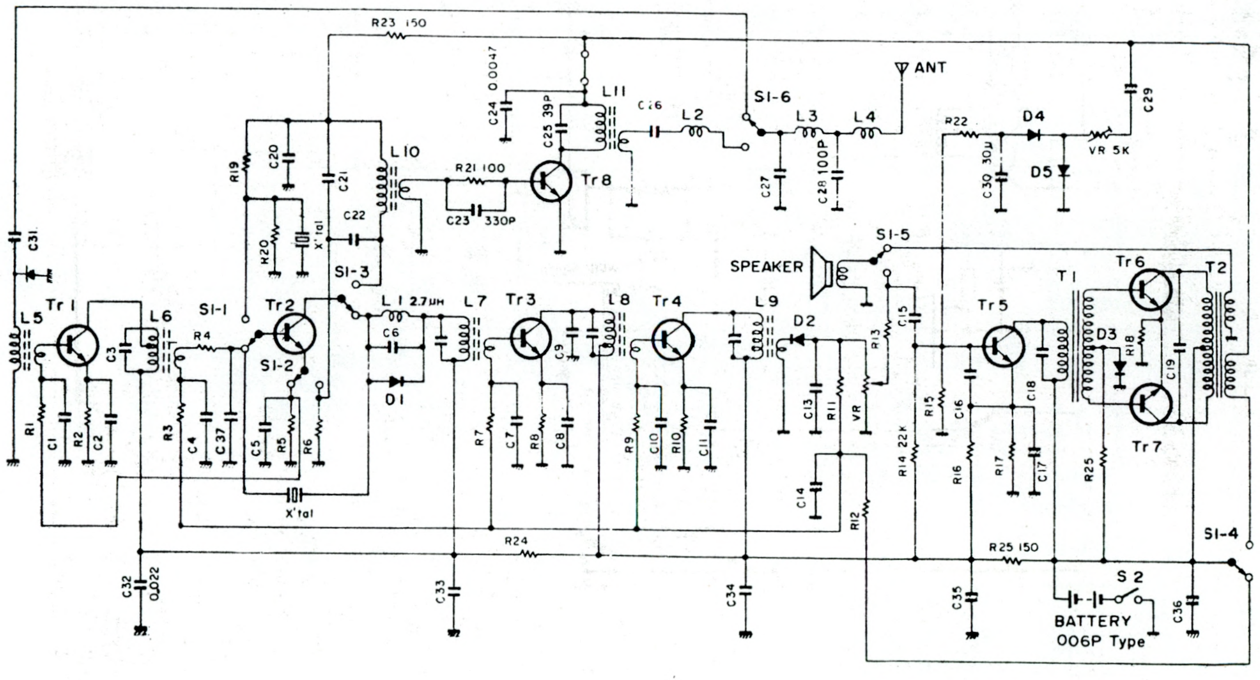


Stabo Skyfon 400/500

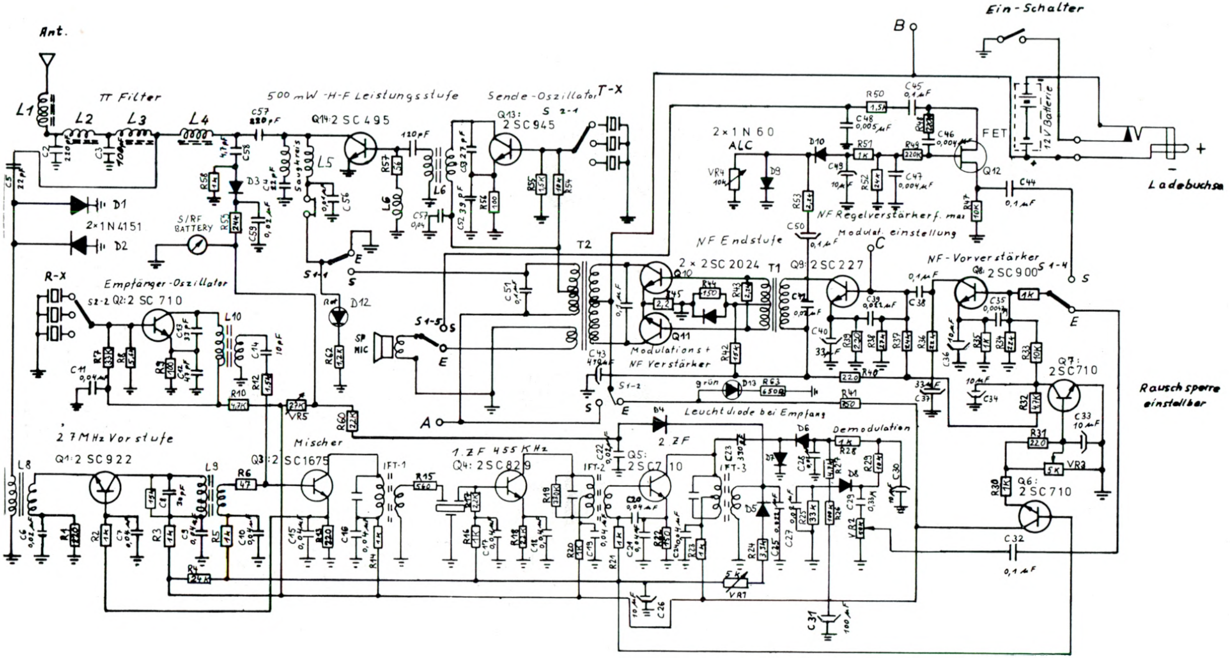
Empfang mA
Senden mA

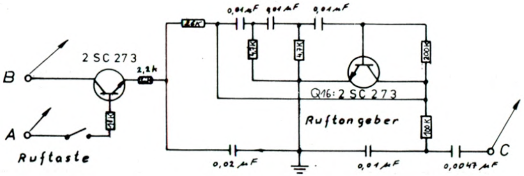


Stabo Multifon Super 8



Stabo Multifon T 8





Stabo Stratofon P 3

HET SEIN STAAT OP GROEN ....

WANT EEN ONVOORWAARDELIJK KWALITEITSPROGRAMMA
WORDT U GEBODEN
DOOR

STRATIS KARAMANOLIS

MARC IS ER VOOR IEDEREEN

VRAAG NAAR HET
ENO TROEFPROGRAMMA

ENO-ELECTRONIC

HAUPTSTRASSE 24 · HAGENSTRASSE 17
D 446 NORDHORN
TELEFOON 09 495921 6084 6085
TELEX 098240 HORSTM

BREAK BREAK

f 4,25
Bfr. 68

MAANDBLAD VOOR RADIO-COMMUNICATIE, KORTE GOLF-ONTVANGST EN ZENDAMATEURS

marc..? 27 MHz...?

De NCF vertelt er alles over in BREAK-BREAK, maandblad voor CB'ers

De Nederlandse Communicatie Federatie (NCF) is een landelijke organisatie voor communicatie amateurs. Zij verstrekt informatie en behartigt de belangen van haar leden bij overheidsinstanties.

NCF leden ontvangen maandelijks het blad Break-Break, waarin: alles over zenden en ontvangen, korte golf luisteren, scanners en apparatuurtests. Zij kunnen ook gebruik maken van de NCF dienstverlening. Break-Break is ook verkrijgbaar in boekwinkels of via abonnement.

Bon

Noteer mij als NCF lid (48,— p/j)
Noteer mij als abonnee (42,50 p/j)

Naam .... Plaats........................

Adres .... Postcode ....

Stuur geen geld. Wij sturen U een acceptgirokaart. Stop deze bon in een open enveloppe en stuur die aan: NCF Antwoordnr. 1 2160 VE Sassenheim. Postzegel plakken is niet nodig.

funk+elektronik ALPINA

import — export — groot — detailhandel

ALPINA-FUNK-ELEKTRONIK — Markt 19, D-5102 Würselen
Telefoon 02405 - 21314; Telex 083295 alfu-d
Filiaal: ALPINA-FUNK-ELEKTRONIK — Aachener Str. 3 — 5132 Ubach-Palenberg

Bij de ALPINA-GROOTHANDEL is het eindelijk zover.

Magazijn: Helieter Feldchen 64, Würselen

Handic-Gebiedsvertegenwoordiging
Turner-Gebiedsvertegenwoordiging

Distributor voor Sirtel-antennen — voor het gehele FIRESTIK-programma
voor het Mader-programma
Alleenvertegenwoordiging voor de nieuwe silberantennes

Een van de grootste groothandel-afhaal- en verzendmagazijnen

heeft zijn poorten geopend

Gedeelte van de verkoopafdeling
markt 19
Inkoopparadijs voor consumenten

Gedeelte van het groothandels-
magazijn Helieter Feldchen
Allen voor de detailhandelaar

COMMUNICATIE VOOR IEDEREEN

Hier vindt de CB-handelaar, de radio- en televisiehandelaar zowel als ook de handelaar voor electronica op een opperulakte van 1000 m^2 meer als 4000 artikelen op het gebied van de CB-communicatie, amateur-communicatie, industrie-communicatie en electronica, alles wat het hart begeert.

Indien U reeds een van onze 2100 detailhandelaar-klanten bent, dan heeft U beschlist ook onze groothandelslijst met duizenden artikelen tegen lage prijzen.

Zou U nog geen klant zijn, dan bestelt U vandaag nog deze grote winstbrengende groothandelskatalogus door inzending van de INFO-Cheque en UW inschrijvingsbewijs van de kamer van koophandel — Het beste zou natuurlijk zijn, als U ons eens bezoeken zou, waarbij U sich aan bijna 100 m verkoopschappen over de nieuwste radio- en electronica-artikelen informeeren kunt.

Alleenvertegenwoordiging van de Silberantenne serie
de nieuwe top-atenne

Silberstern: de nieuwe lamda-1/2-Dakantenne met extrem korte, gebogen radials (0,30 m), 5 dB winst.

Silberstreif: de nieuwe lamda-1/2-Dakantenne, geheel zonder radials, 4,5 dB winst.

Silbervogel: de absolut beste onder de Dakantennes, lamda 5/8, 6.80 m hoog, 7 dB winst. Speziale aluminium legering, de ideale DX-Antenne

Silberset: de nieuwe drie-voudige antenne. Drie mobile antennes. 0,7 - 1,3 - 2,0 m lang, in één verpakking, nog nooit zo gunstig in prijs.

Info-Cheque

- ☐ ik ben al klant
- ☐ ik ben consument
- ☐ ik ben detailhandelaar (inschrijvingsbewijs ingeschloten)

____

____

Naam en adres niet vergeten — s.v.p.

Stratis Karamanolis werd in 1934 op het eiland Lesbos in Griekenland geboren. Hij studeerde elektrotechniek in Athene en legde in 1957 met goed gevolg het eindexamen af. Op weg naar Londen onderbrak hij zijn reis in München waar hij sedertdien woont. Na vier jaar in de elektrotechnische-industrie (Rohde en Schwarz) werkzaam geweest te zijn, werkte hij tot 1978 in de lucht- en ruimtevaarttechniek (MBB).

De succesvolle auteur Karamanolis is sedert 1979 een zelfstandige schrijver en uitgever tegelijk. Zijn boeken bereikten in W-Duitsland binnen 3 jaar een totaaloplage van meer dan 300 000 exemplaren.

Van dezelfde auteur verschenen ook boeken in de engelse en griekse taal.